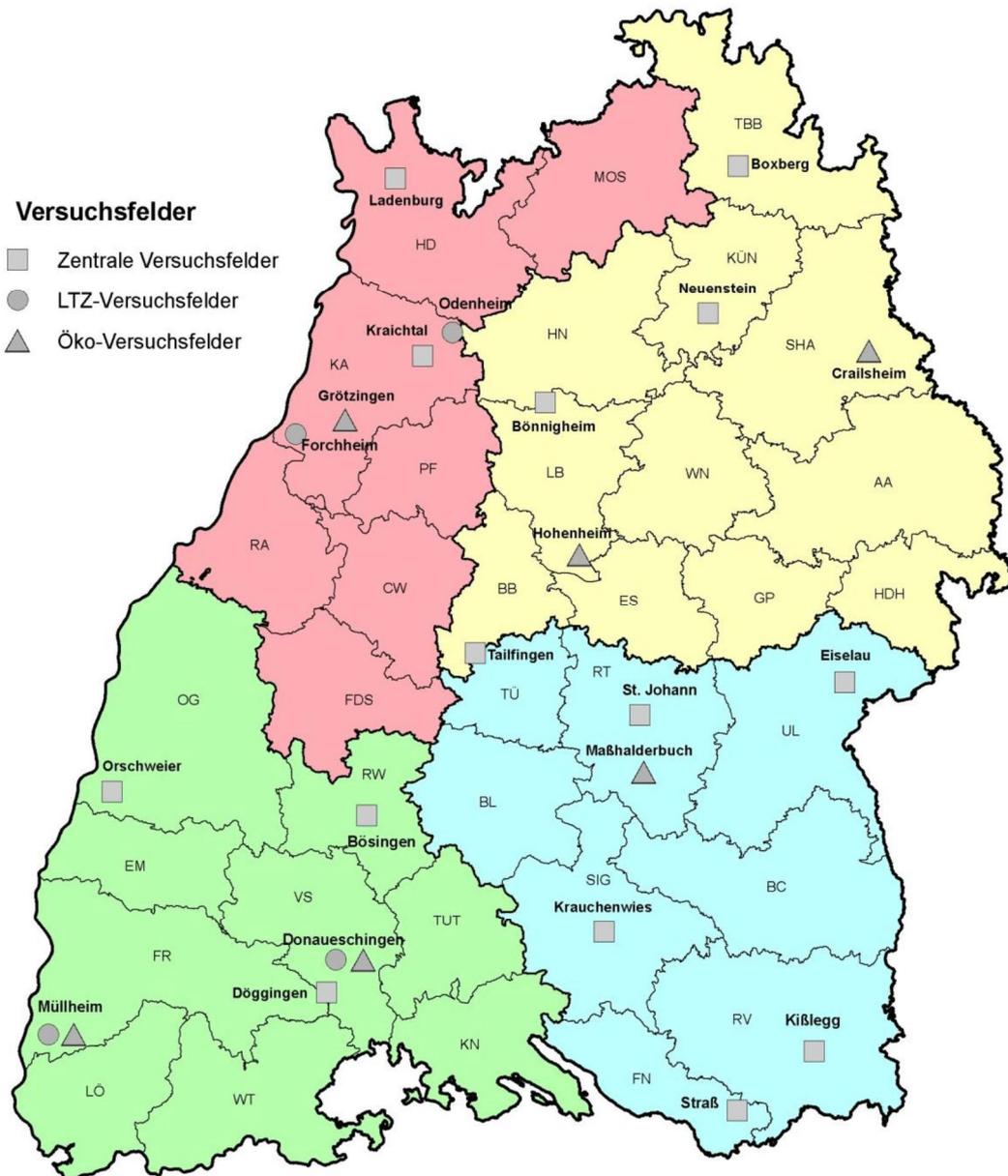


# Düngung zu Mais

V 06-03; V 11-04; DGG 12-03; DGG 13-02; DGG13-05; DGG 14-02

 N- und P-Wirkung flüssiger und Feststoff-Gärreste sowie mineralischer Dünger zu Mais im mehrjährigen Feldversuch



## Einleitung und Zielsetzung

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<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 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. Sog. 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<sub>4</sub><sup>+</sup>) 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 Düngerband in ca. 20 cm Tiefe nach der Saat abgelegt (s. Abbildung 1). Um die Bodenbelastung zu verringern und den Zeitkorridor für die Düngerausbringung zu Mais zu vergrößern, wird im Falle der Wirtschaftsdünger 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 Düngeplanung berücksichtigt werden, da für eine nachhaltige Düngebedarfsermittlung das Ertragsniveau eines Standortes realistisch anzusetzen ist.

Neben der zu erwartenden Verbesserung der N-Effizienz mit dem beschriebenen Verfahren stellt sich auch die Frage, wie die Verfügbarkeit der übrigen Nährstoffe – insbesondere von Phosphor – einzuordnen ist. Daher wurde die P-Wirkung der UF-Depotdüngung mit einer praxisüblichen mineralischen P-Unterfußdüngung zur Maisaussaat in einer weiteren Versuchsreihe verglichen. 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 (Abbildung 2). Da 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 zu erwarten.

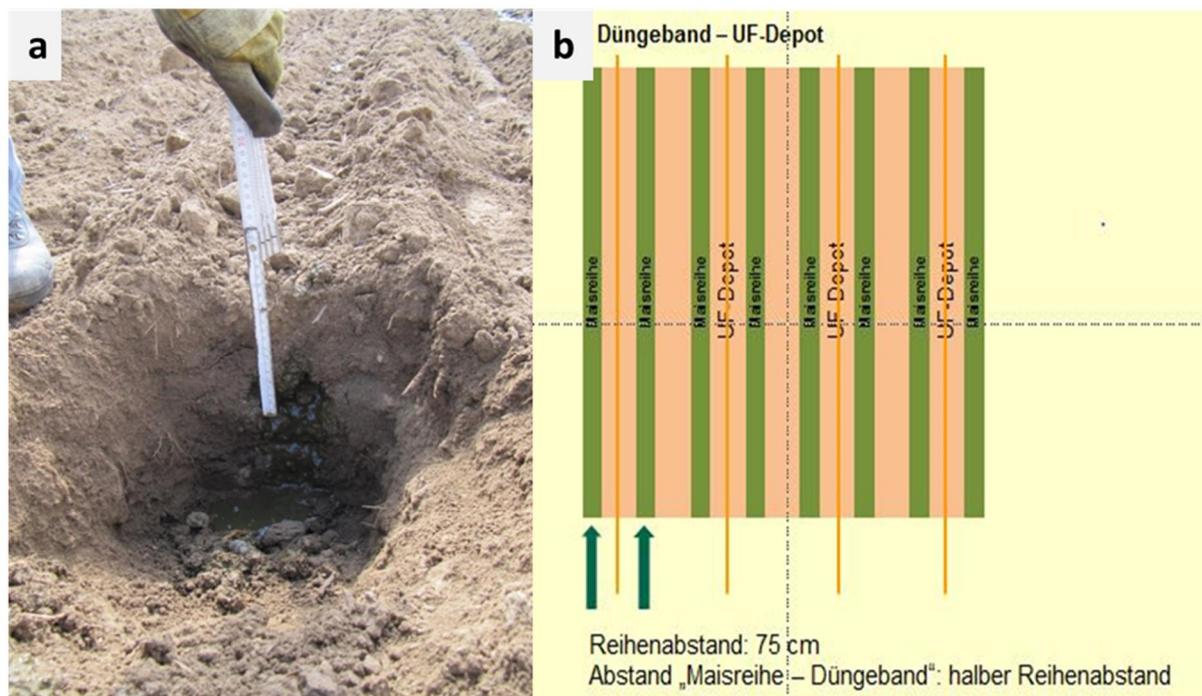


Abbildung 1: (a) Beispiel UF-Depot mit fl. WD (Wiech, 2012) und (b) Übersicht von UF-Depots bei Mais.

### Vorteile einer Ammoniumernährung

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

Abbildung 2: Ernährungsphysiologische) Vorzüge einer Ammoniumernährung.

## Übersicht Versuchsserien

Im Zeitraum 2008 bis 2015 wurden im Rahmen der produktionstechnischen Versuchsreihen des LTZ Augustenberg mehrjährig an verschiedenen Standorten zu folgenden Fragestellungen Exakt-Feldversuche durchgeführt:

- N-Wirkung flüssiger Gärreste (2008 bis 2011) im Vergleich zu Schweinegülle beim Einsatz sog. Nitrifikationshemmstoffe an wechselnden Standorten im nördlichen Oberrheingebiet und im Ostalbkreis zu Silo-(Energie) und Körnermais (V 06-03)
- N-Wirkung flüssiger Gärreste (2010 bis 2015) bei unterschiedlicher Ausbringtechnik (= Systemvergleich) an wechselnden Standorten im Kraichgau, im nördlichen Oberrheingebiet und im Ostalbkreis zu Silo-(Energie) und Körnermais (DGG 13-05)

- N-Wirkung von Feststoff-Gärresten (= entwässerte Fraktion) (2012 bis 2015) an wechselnden Standorten im nördlichen Oberrheingebiet sowie im Ostalbkreis zu Silo-(Energie-) Mais (DGG 12-03)
- P-Wirkung flüssiger Gärreste bei unterschiedlicher Ausbringtechnik (= Systemvergleich) (2012 bis 2015) an wechselnden Standorten im Ostalbkreis zu Silo-(Energie-) Mais (V 11-04; DGG 13-05)
- N-Wirkung mineralischer Dünger (2013 bis 2015) bei unterschiedlicher Ausbringtechnik (= Systemvergleich) an wechselnden Standorten im Kraichgau zu Körnermais (DGG 13-02)

## 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 geeigneten Anbauregionen durchgeführt. Als wichtigste Auswahlkriterien für die Versuchsflächen dienten ein hoher Maisanteil in der Fruchtfolge und eine langjährige organische Düngung mit entsprechend guter Nährstoffversorgung (Tabelle 1). Das für die Ermittlung eines realistischen N- und P-Düngebedarfs unterstellte Ertragsniveau orientierte sich am langjährigen Ertragsmittel des jeweiligen Standorts.

**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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		27	16	27	11
K <sub>2</sub> O	[mg/100 g]	36	20	32	30
Mg		28	10	15	10

Die in den Versuchen eingesetzten flüssigen Gärreste bzw. Schweinegülle 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.

**Tabelle 2: Kenndaten von flüssigen und Feststoff-Gärresten (Datenbasis: LTZ)**

Parameter	Dimension	Gärrest <sub>flüssig</sub>		Gärrest <sub>Feststoff</sub>	
		Monitoring LTZ	Kenndaten 2015	Monitoring LTZ	Kenndaten 2015
pH		7,9	8,2	8,7	8,9
Trockensubstanz	[% FM]	6,8	6,1	25,0	18,0
Humus-C	[kg/m <sup>3</sup> bzw. t FM]	6	9	38	32
Gesamt-N		5,1	7,5	6,7	8,1
NH <sub>4</sub> -N		3,2	4,9	3,4	4,6
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		1,6	1,8	5,2	6,1
K <sub>2</sub> O		5,7	7,3	6,4	8,1
MgO		0,6	0,6	2,6	2,7
S		0,4	0,4	0,9	0,9

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.

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

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

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 [m<sup>3</sup>/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.

## Versuchsergebnisse

### Versuche zur N-Effizienz flüssiger Gärreste im Vergleich zu Schweinegülle beim Einsatz von Nitrifikationshemmstoffen (V 06-03)

Sog. Nitrifikationshemmstoffe unterbinden für einen bestimmten Zeitraum die Nitrifikation von Ammonium-N auf der 1. Stufe zum Nitrit-N. Dies geschieht dadurch, dass die hierfür verantwortlichen Bodenbakterien „Nitrosomonas“ in Abhängigkeit vom jeweiligen Wirkstoff (Tabelle 3), von der Bodentemperatur und Bodenfeuchte über eine davon abhängige Zeitspanne von 2 bis 6 Wochen gleichsam in einen Ruhezustand versetzt werden. In dem Umfang, wie der Wirkstoff im Boden von anderen Bakterien abgebaut wird, nimmt die Aktivität von „Nitrosomonas“ wieder zu und Ammonium-N wird bis zum Nitrat-N oxidiert bzw. umgewandelt (Abbildung 3; Abbildung 4).

**Tabelle 3: Eigenschaften des in den Versuchen eingesetzten Nitrifikationshemmstoffes „PIADIN flüssig“ (geändert, SKW 2015)**

<b>Handelsname</b>	PIADIN fl.
<b>Wirkstoff</b>	1H-1,2,4 Triazol und 3-Methylpyrazol
<b>pH</b>	6 bis 7
<b>spezifisches Gewicht</b>	1,27 kg/l
<b>Kristallisationsbeginn</b>	minus 20 Grad Celsius
<b>Aufwandmenge</b>	4 - 7 Liter/ha
(mengenunabhängig)	(je nach Kultur und Jahreszeit)

Diesen Effekt macht man sich besonders zu Kulturen mit früher N-Düngung – insbesondere mit organisch-mineralischen Düngern mit ausschließlichem Ammonium-N-Angebot als löslichen

Stickstoff – und später N-Aufnahme wie Mais zu Nutze. Hierdurch sollen N-Verluste in Form von Nitrat-N, aber auch Lachgas verringert werden. Im Gegenzug erwartet man höhere Erträge oder N-Ausnutzungsraten.

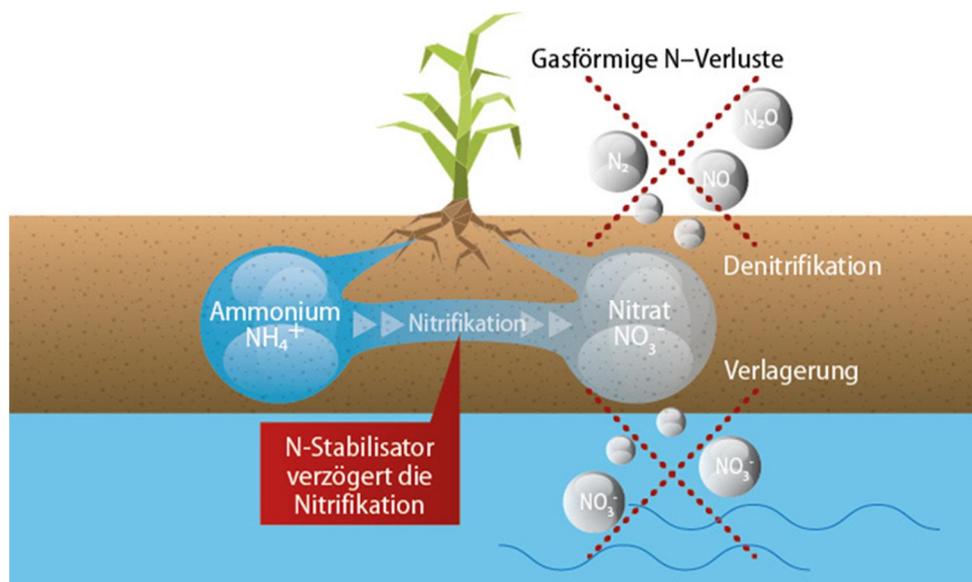


Abbildung 3: Wirkungsprinzip sog. Nitrifikationshemmstoffe (Ammonium-Stabilisatoren) (SKW, 2015).

Tabelle 4: Versuchsplan – N-Wirkung bei Zusatz von Nitrifikationshemmstoffen (NiHe) zu flüssigen Gärresten im Vergleich zu Schweinegülle

**Silomais**

Variante	Düngung	Termin	N-Düngung <sup>2)</sup>
			[kg/ha]
1	ohne N		
2	KAS	vSE	160
3	GR fl. breit ohne NiHe <sup>1)</sup>	vSE	147
4	GR fl. breit mit NiHe <sup>1)</sup>	vSE	147
5	SG breit ohne NiHe <sup>1)</sup>	vSE	147
6	SG breit mit NiHe <sup>1)</sup>	vSE	147

<sup>1)</sup> 60 % anrechenbarer N <sup>2)</sup> Mittel von 7 Versuchen

**Körnermais**

Variante	Düngung	Termin	N-Düngung <sup>2)</sup>
			[kg/ha]
1	ohne N		
2	KAS	vSE	160
3	GR fl. breit ohne NiHe <sup>1)</sup>	vSE	147
4	GR fl. breit mit NiHe <sup>1)</sup>	vSE	147
5	SG breit ohne NiHe <sup>1)</sup>	vSE	147
6	SG breit mit NiHe <sup>1)</sup>	vSE	147

<sup>1)</sup> 60 % anrechenbarer N <sup>2)</sup> Mittel von 3 Versuchen

In Tabelle 4 sind die Varianten des Versuches beschrieben. Neben den üblichen Kontrollen „ohne N-Düngung“ und „mineralische N-Düngung“ mit einem handelsüblichen KAS-Dünger wurde die

breitflächige Ausbringung flüssiger Gärreste („GR fl.“) und von Schweinegülle („SG“) im Vergleich „ohne“ und „mit“ Zugabe handelsüblicher Nitrifikationshemmstoffe mit zeitnaher Einarbeitung vor der Saat (vSE) verglichen.

Die Ausbringmenge an organisch-mineralischen Düngern erfolgte auf Basis einer dem Ertragsniveau des jeweiligen Standorts angepassten Düngebedarfsermittlung unter Beachtung einer Mindestwirksamkeit des Gesamt-N von 60 % im Anwendungsjahr. Hieraus ergaben sich Ausbringmengen von 35 bis 40 m<sup>3</sup>/ha mit entsprechend hohen Gesamt-N-Gaben größer 170 kg/ha und Jahr. Dieser N-Überschuss auf den Maisflächen muss gesamtbetrieblich entsprechend berücksichtigt werden, um den Vorgaben der Düngeverordnung (DüV) Rechnung zu tragen.

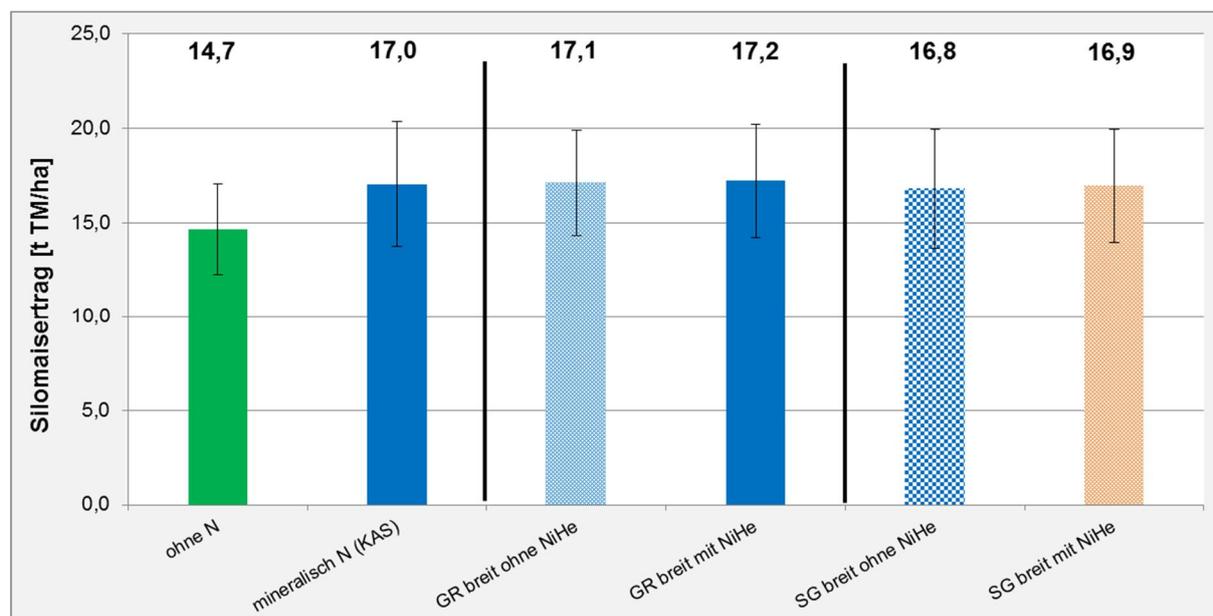


Abbildung 4: Ertrag und Standardabweichungen von Silomais (Mittel aus 7 Versuchen).

Tabelle 5: Ertrag und Qualität von Silomais (Mittel aus 7 Versuchen) bzw. Körnermais (Mittel aus 3 Versuchen)

**Silomais (n = 7)**

Versuchsglieder	N-Düngung	Ertrag	Relativertrag	Rohprotein
	[kg/ha]	[t TM/ha]	[% zu V.Mittel]	[% TM]
ohne N		14,7	88	6,0
mineralisch N	160	17,0	102	7,5
Gärrest fl.	147	17,1	103	7,5
Gärrest fl. + NiHe	147	17,2	104	7,3
S. Gülle	147	16,8	101	7,5
S. Gülle + NiHe	147	16,9	102	7,7
<b>Versuchsmittel</b>		<b>16,6</b>		

**Körnermais (n = 3)**

Versuchsglieder	N-Düngung	Ertrag	Relativertrag	Rohprotein
	[kg/ha]	[t TM/ha]	[% zu V.Mittel]	[% TM]
ohne N	0	8,9	86	5,8
mineralisch N	160	10,8	105	7,5
Gärrest fl.	147	10,8	105	7,2
Gärrest fl. + NiHe	147	10,9	106	6,8
S. Gülle	147	9,5	92	7,4
S. Gülle + NiHe	147	11,0	107	7,2
<b>Versuchsmittel</b>		<b>10,3</b>		

Den Tabellen (Tabelle 5, Tabelle 6) sowie den Abbildungen (Abbildung 4, Abbildung 5) sind die Versuchsergebnisse im Mittel der Jahre und Standorte zu entnehmen. Im Falle einer N-Düngung mit den flüssigen Wirtschaftsdüngern Gärreste und Schweinegülle konnten nahezu identische Erträge bei Silomais wie bei Körnermais erzielt werden. Dagegen waren die Proteingehalte beim Körnermais mit organischer Düngung tendenziell etwas niedriger als mit Mineraldüngung.

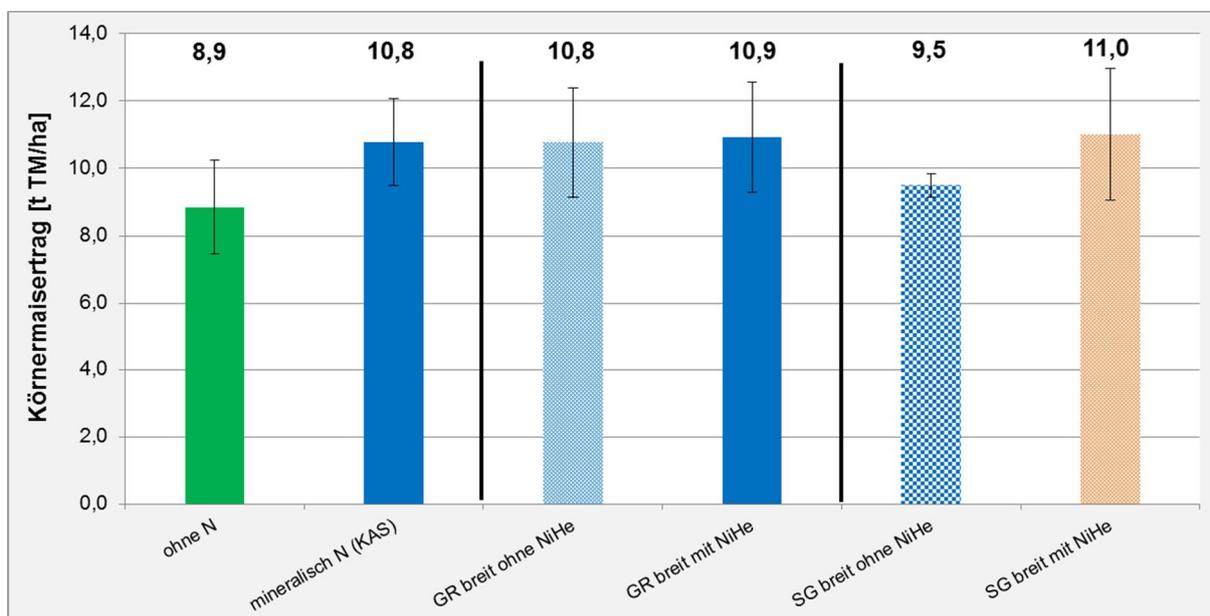


Abbildung 5: Ertrag und Standardabweichungen von Körnermais (Mittel aus 3 Versuchen).

Dies bestätigen auch N-Abfuhr sowie N-Effizienz der jeweiligen Varianten (Tabelle 7). Es überrascht nicht, dass die in den Versuchen sehr hohe N-Effizienz bei Silomais in Folge der Abfuhr der gesamten oberirdischen Biomasse nochmals besser ist als bei Körnermais.

Eine statistische Auswertung (s. Anhang „statistische Kennzahlen“ sowie Tabelle 6) ergab nur in wenigen Fällen signifikante Unterschiede zwischen den gedüngten Varianten – ausgenommen zur Kontrolle „ohne N-Düngung“ bei hoher Ertragsleistung, aber niedrigen Rohproteingehalten derselben.

Tabelle 6: statistische Beschreibung des Versuches V 06-03

Silomais	Faktor	Ertrag [Signifikanz: 0,05 %]	Rohprotein
s. Tabellen 1 - 9 (stat. Anhang)	V. Jahr (2008 - 2011)	* 2010 > 2008, 2009, 2011	* 2010 > 2008, 2009, 2011
	Standort (n = 2)	* Oberrhein > Saugau	* Oberrhein > Saugau
	N-Düngung	* gedüngte Varianten > ohne N (übrige Düngungsvarianten: keine signifikanten Unterschiede!)	* gedüngte Varianten > ohne N
Körnermais	Faktor	Ertrag [Signifikanz: 0,05 %]	Rohprotein
s. Tabellen 10 - 15 (stat. Anhang)	V. Jahr (2009 - 2011)	* 2009, 2010: < 2011 * 2009 > 2010	* 2009 > 2010 * 2009 < 2011 * 2010 < 2011
	Standort (n = 1)	Nicht belegt!	Nicht belegt!
	N-Düngung	* gedüngte Varianten > ohne N * mineral. N > SG ohne NiHe * GR ohne NiHe > SG ohne NiHe * GR mit NiHe > SG ohne NiHe * SG ohne NiHe < SG mit NiHe	* gedüngte Varianten > ohne N * mineral. N > GR mit NiHe

Die Bezeichnung „< bzw. >“ beschreibt die Signifikanz der Einzelvergleiche.

*Kenngrößen des N-Haushalts*

Ein durchgehend positiver Effekt einer Nitrifikationshemmung konnte nicht festgestellt werden. Jedoch zeigen die Rest-Nitratwerte (Tabelle 7) nach der Ernte im Trend etwas höhere Gehalte „mit Stabilisierung“ bei tendenziell etwas höheren Erträgen und folglich N-Entzügen. Dies kann einerseits als pflanzenbaulicher Vorteil, andererseits auch als ökologischer Nachteil gesehen werden. Eine Verbesserung der N-Effizienz ist eher beim Einsatz von Schweinegülle mit Stabilisierung als bei den flüssigen Gärresten festzustellen. Dies lässt sich über die höheren Ammoniumgehalte von Schweinegülle erklären, in Folge derer eine Ammoniumstabilisierung insbesondere in der Jugendphase von Mais eine Verlustreduktion bedingen kann.

**Tabelle 7: Kenndaten des N-Haushalts von Silo- und Körnermais (Mittel aus 7 bzw. 3 Versuchen)****Silomais (n = 7)**

Versuchsglieder	N-Düngung	N-Abfuhr	N-Effizienz	N-Effizienz	N-Saldo	N <sub>min</sub> (n. Ernte)
	[kg/ha]	[kg/ha]	[% NH <sub>4</sub> -N]	[% v. Ges. N]	[kg/ha]	[kg/ha]
ohne N		140			-140	16
mineralisch N	160	204		91	-44	65
Gärrest fl.	147	205	91	51	-58	41
Gärrest fl. + NiHe	147	201	88	49	-54	47
S. Gülle	147	203	90	50	-56	47
S. Gülle + NiHe	147	207	92	51	-60	57

**Körnermais (n = 3)**

Versuchsglieder	N-Düngung	N-Abfuhr	N-Effizienz	N-Effizienz	N-Saldo	N <sub>min</sub> (n. Ernte)
	[kg/ha]	[kg/ha]	[%]	[% v. Ges. N]	[kg/ha]	[kg/ha]
ohne N	0	82			-82	15
mineralisch N	160	128		48	32	30
Gärrest fl.	147	122	44	27	25	27
Gärrest fl. + NiHe	147	118	41	25	29	20
S. Gülle	147	112	39	23	35	24
S. Gülle + NiHe	147	126	47	28	21	28

Diese Besonderheiten können durchaus auf die bislang üblichen Ausbringetechniken einer Breitverteilung mit Einarbeitung zurückzuführen sein, da im Zuge einer Ammoniumstabilisierung im Uunterflur-Depot (= UF-Depot) (s. Versuche DGG 13-05 ff.) auch eine entsprechend längere und chemisch-physikalisch bedingt dauerhaftere Bindung von Ammonium-N im Boden erfolgt. Dies ist ökologisch zu begrüßen, kann jedoch – besonders bei längeren Trockenperioden im Verlauf der Vegetationszeit – aus Sicht der Pflanzenernährung – auch von Nachteil sein.

**Versuche zur N-Effizienz flüssiger Gärreste im Systemvergleich****(DGG 13-05)**

In Tabelle 8 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 dem UF-Depot nach der Saat (nS) verglichen.

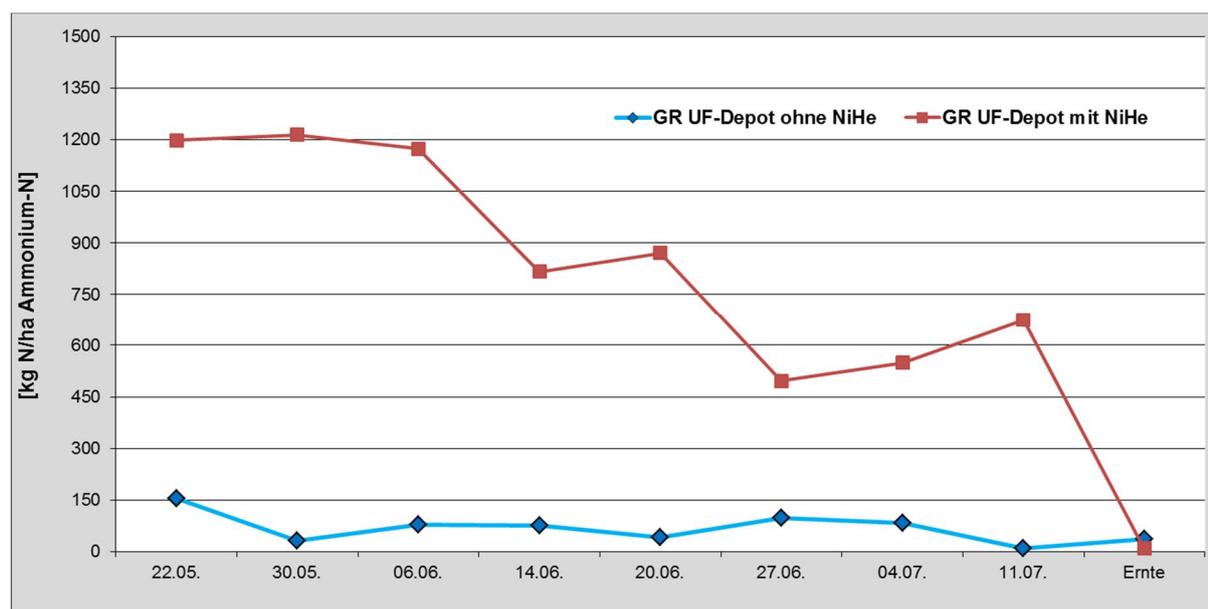
Um im Falle des UF-Depots der nachgewiesenen N-Verlustminderung Rechnung zu tragen, wurde die Ausbringmenge an flüssigen Gärresten auf Basis 70 % Anrechnung des Gesamt-N ermittelt. Folglich wurden zwar dieselben Mengen an löslichem Ammonium-N, jedoch 10 % weniger Gesamt-N ausgebracht.

**Tabelle 8: Versuchsplan – N-Wirkung flüssiger Gärreste im Systemvergleich**

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

<sup>1)</sup> 60 % anrechenbarer N <sup>2)</sup> 70 % anrechenbarer N <sup>3)</sup> Mittel von 10 Versuchen <sup>4)</sup> Mittel von 5 Versuchen

*Untersuchungen zur Stabilität der N-Depots*



**Abbildung 6: Ammonium-N-Angebot/Boden - GR-Depot ohne bzw. mit NiHe (V 11-04)**

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 Nitrauswaschung 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.

In einer ersten Versuchsreihe wurde der Einfluss einer zusätzlichen Ammoniumstabilisierung im UF-Depot untersucht. Dies erschien aus verschiedenen Gründen notwendig. Einerseits um eine möglichst lang andauernde Ammoniumphase zu gewährleisten, andererseits um evtl. das Risiko einer Erhöhung der Lachgasbildung unter ungünstigen Witterungsbedingungen zu verringern. Zur Beschreibung der Konzentration an löslichem Stickstoff sowie der unterstellten Stabilität insbesondere der Ammoniumdepots im Vergleich „ohne“ und „mit Ammoniumstabilisierung“ wurden hierfür über einen Zeitraum von mind. 6 Wochen die Depots auf Ammonium- und Nitrat-N untersucht. Startpunkt der Untersuchungen war ca. vier Wochen nach erfolgter N-Applikation mit flüssigen Gärresten. Es

konnten während der gesamten Messkampagne in der Variante „UF-Depot mit NiHe“ eindeutig größere Mengen an Ammonium-N, aber auch im Zeitverlauf dem N-Aufnahmeverhalten von Mais folgend ein entsprechend großes Angebot an Nitrat-N beobachtet werden. Somit konnte bestätigt werden, dass es durchaus aus Sicht der Pflanzenernährung sinnvoll ist, selbst ein konzentriertes UF-Depot mit einem Nitrifikationshemmstoff zusätzlich zu stabilisieren.

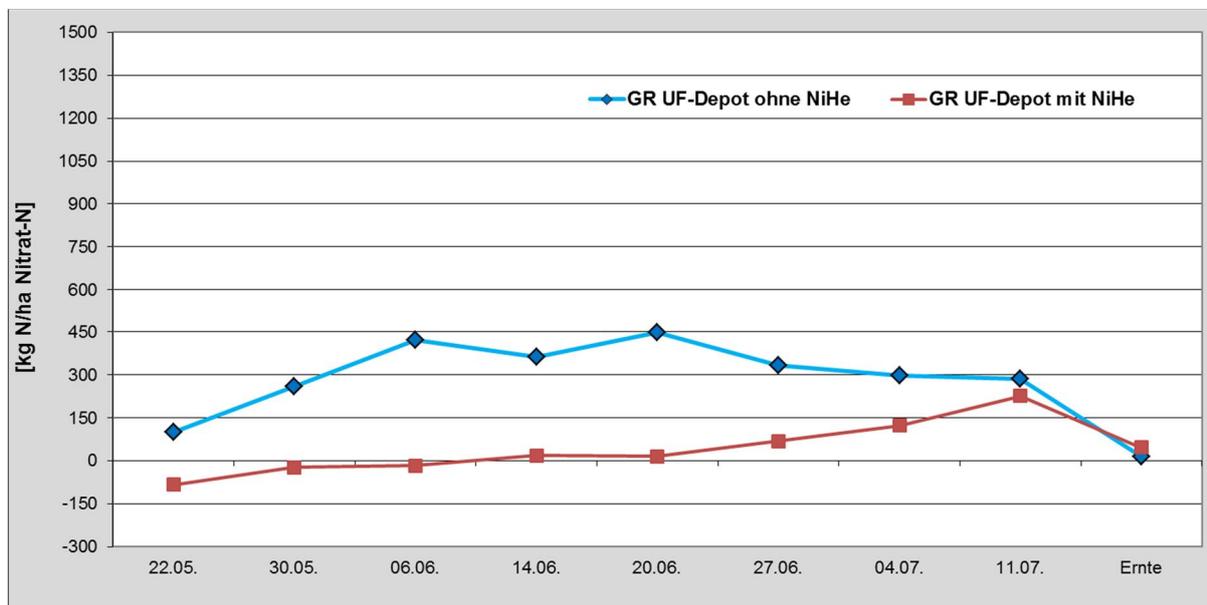


Abbildung 7: Nitrat-N-Angebot/Boden - GR-Depot ohne bzw. mit NiHe (V 11-04) (korrigiert um die Kontrollwerte „ohne N-Düngung“)

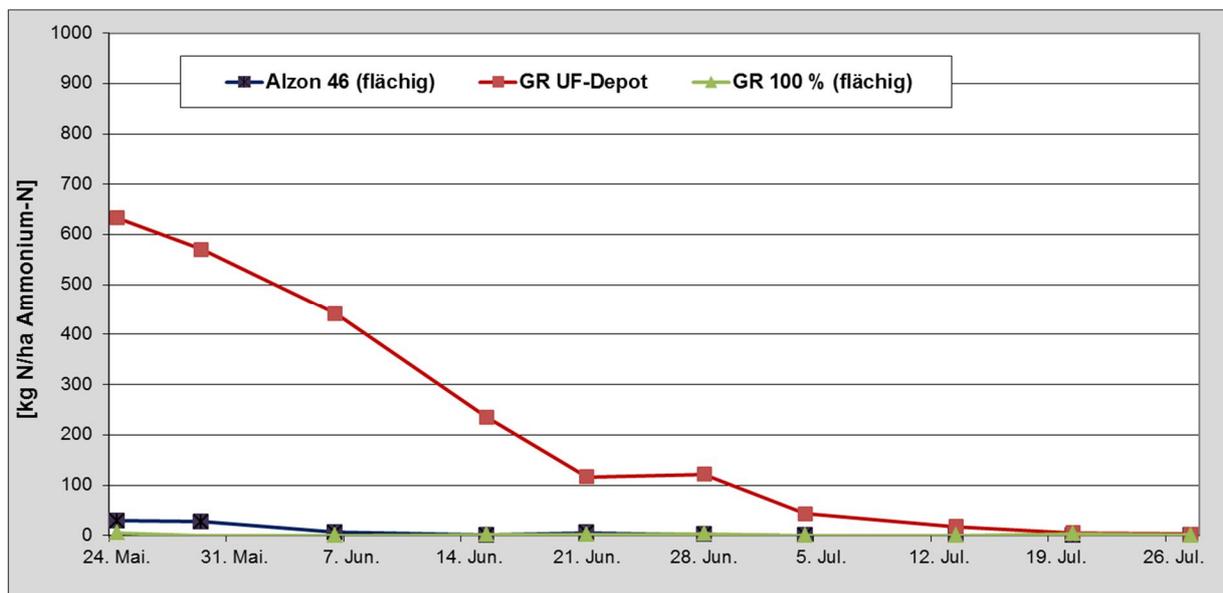


Abbildung 8: Ammonium-N-Angebot/Boden im Systemvergleich (DGG 13-05) (korrigiert um die Kontrollwerte „ohne N-Düngung“)

Im Rahmen der Versuchsreihe DGG 13-05 wurde wiederum die Stabilität der Ammonium-N-Depots geprüft (Abbildung 8, Abbildung 9, Abbildung 10), nun aber im Vergleich zu einer breitflächigen Düngung mit mineralischem N sowie flüssigen Gärresten.

Die Ergebnisse 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.

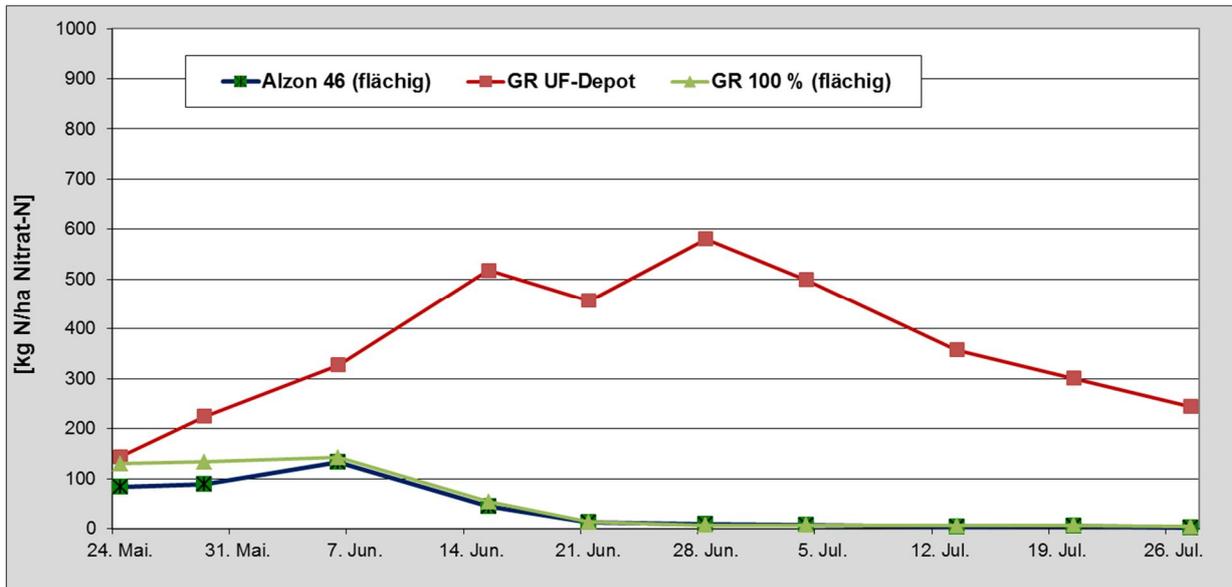


Abbildung 9: Nitrat-N-Angebot/Boden im Systemvergleich (DGG 13-05) (korrigiert um die Kontrollwerte „ohne N-Düngung“)

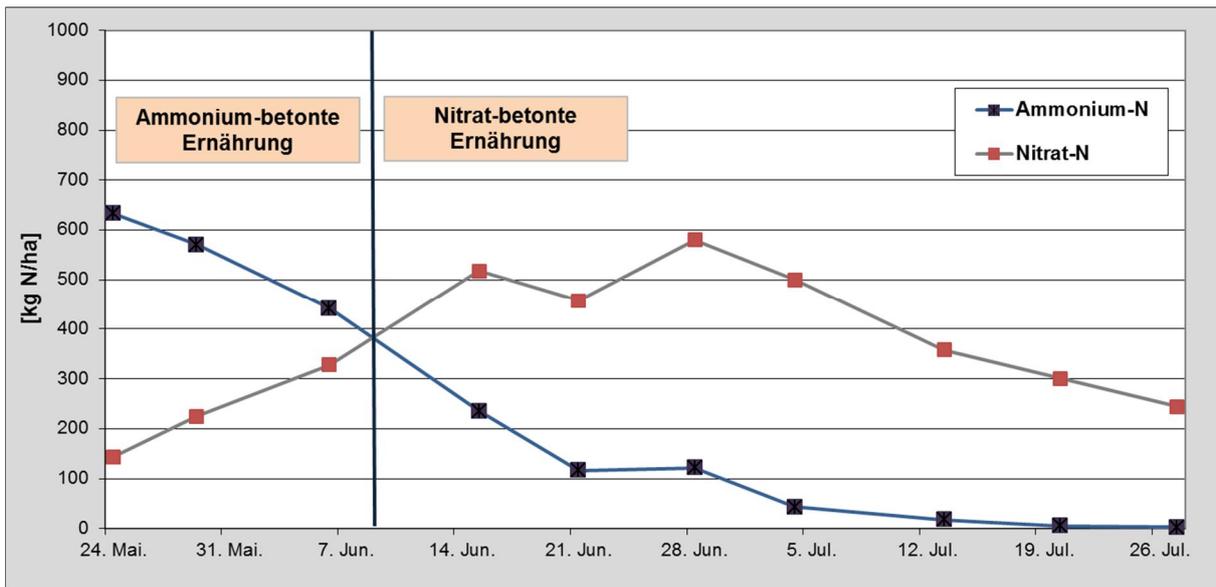


Abbildung 10: Ammonium- und Nitrat-N-Angebot/Boden - GR-Depot (DGG 13-05)

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*

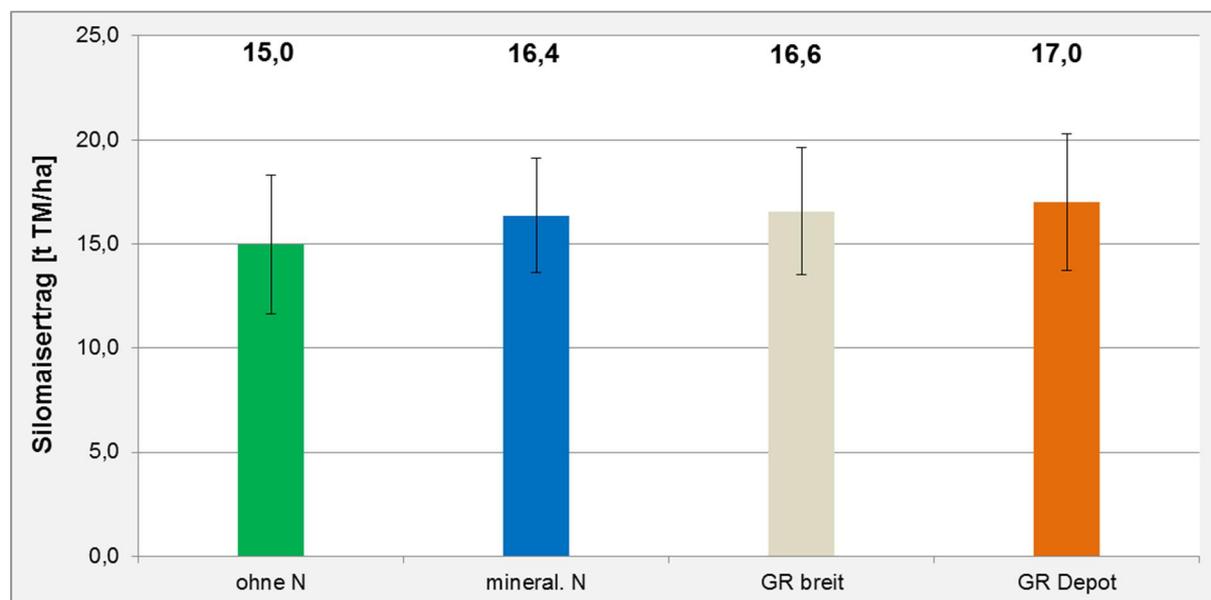
In der Tendenz wies die Variante „UF-Depot“ einen Ertragsvorteil von etwa 5 % auf (Tabelle 9). Die Versuche bestätigen, dass Mais „ohne N-Düngung“ durchaus 80 % bis 90 % des jeweils mittleren Ertrages auf Grund der großen Mineralisationsleistung während der Hauptwachstumsphase erzielen kann. Folglich ist der positive Ertragseffekt einer N-Düngung meist gering. Die Düngungsmaßnahme dient vornehmlich der Ertrags- und (besonders) der Qualitätssicherung sowie dem Erhalt der Bodenfruchtbarkeit.

**Tabelle 9: 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	15,0	92	6,8	1016
mineralisch N	148	16,4	101	7,8	1278
GR fl. breitflächig	149	16,6	102	7,5	1242
GR fl. UF-Depot	147	17,0	105	7,5	1283

**Versuchsmittel 16,2**

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.



**Abbildung 11: Ertrag und Standardabweichungen von Silomais (Mittel aus 10 Versuchen)**

**Tabelle 10: Ertrag und Qualität von Körnermais (Mittel aus 5 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	156	11,7	104	9,2	1078
GR fl. breitflächig	155	12,0	106	8,6	1036
GR fl. UF-Depot	151	11,3	100	9,1	1022

**Versuchsmittel 11,3**

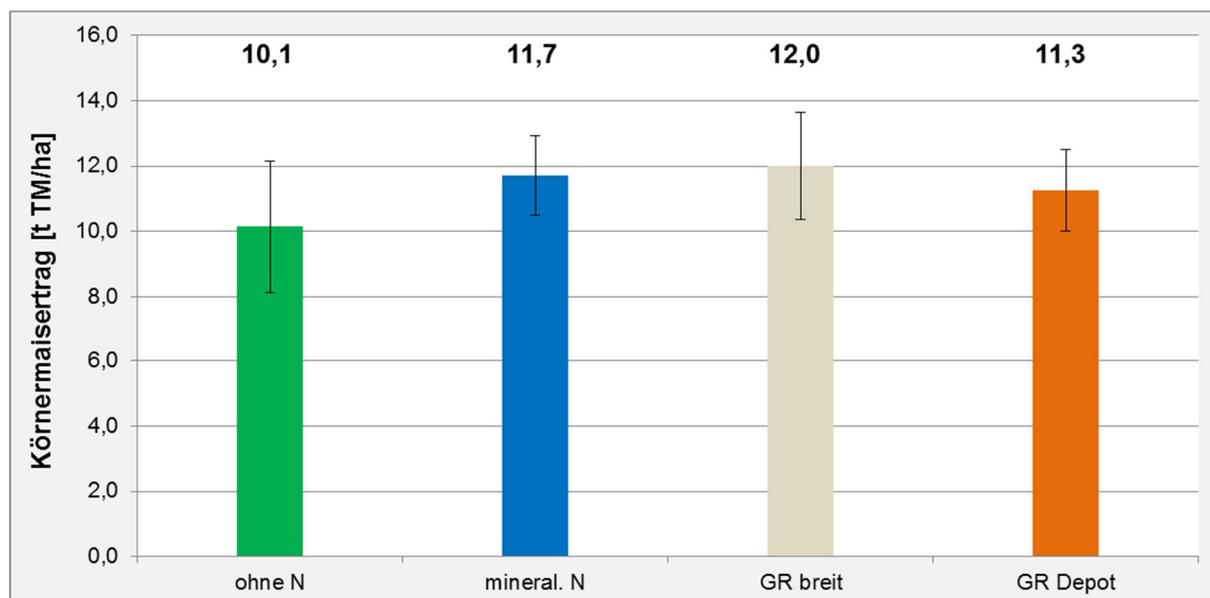


Abbildung 12: Ertrag und Standardabweichungen von Körnermais (Mittel aus 5 Versuchen)

Betrachtet man die Ertragsleistungen der Varianten (Abbildung 13) anhand sog. Mineraldünger-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 Unterschied zur breitflächigen Applikation der flüssigen Gärreste ist insbesondere vor dem Hintergrund einer um 10 % reduzierten N-Düngung zu sehen!

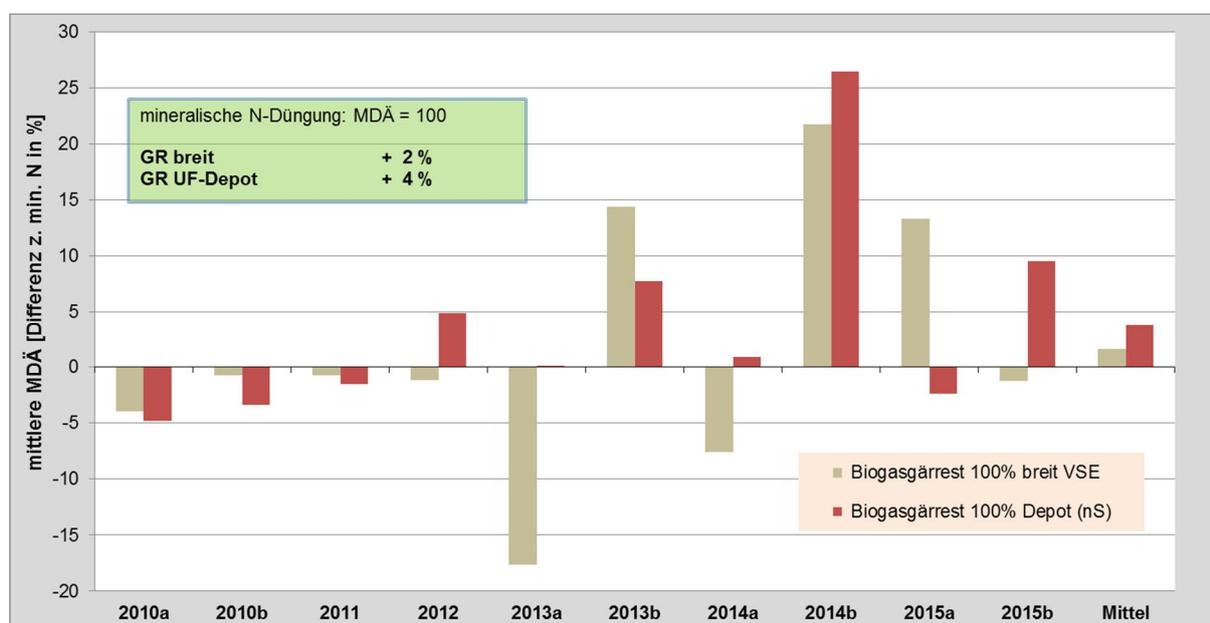


Abbildung 13: Mittlere Mineraldünger-Äquivalente (MDÄ) bei Silomais im Systemvergleich (Buchstaben a und b bedeuten mehrere Versuche in einem Jahr)

Die statistischen Kennwerte sind dem Anhang „statistische Kennzahlen“ sowie Tabelle 11 zu entnehmen.

**Tabelle 11: statistische Beschreibung des Versuches DGG 13-05**

Silomais	Faktor	Ertrag		Rohprotein	
		[Signifikanz: 0,05 %]			
s. Tabellen 16 - 24 (stat. Anhang)	V.Jahr (2010 - 2015)	* signifikante Unterschiede zwischen allen Versuchsjahren vorhanden		* signifikante Unterschiede zwischen allen Versuchsjahren vorhanden * Ausnahme: 2010 = 2012	
	Standort (n = 3)	* signifikante Unterschiede zwischen allen Versuchsstandorten vorhanden		* signifikante Unterschiede zwischen allen Versuchsstandorten vorhanden	
	N-Düngung	* gedüngte Varianten > ohne N (übrige Düngungsvarianten: keine signifikanten Unterschiede!)		* gedüngte Varianten > ohne N * mineral. N < GR UF mit NiHe	
Körnermais	Faktor	Ertrag		Rohprotein	
[Signifikanz: 0,05 %]					
s. Tabellen 25 - 30 (stat. Anhang)	V.Jahr (2010 - 2014)	* 2010 < 2011 und 2014 * 2011 > 2012, 2013, 2014 * 2012 < 2013 und 2014 * 2013 < 2014		* 2010 < 2011 und 2014 * 2011 < 2012, 2013, 2014	
	Standort	Nicht belegt!		Nicht belegt!	
	N-Düngung	* gedüngte Varianten > ohne N * GR mit NiHe > GR UF mit NiHe (übrige Düngungsvarianten: keine signifikanten Unterschiede!)		* gedüngte Varianten > ohne N * mineral. N > GR <sub>breit</sub> mit NiHe	

Die Bezeichnung „< bzw. >“ beschreibt die Signifikanz der Einzelvergleiche.

### 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 (Tabellen 12 und 13). 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 % besser. 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.

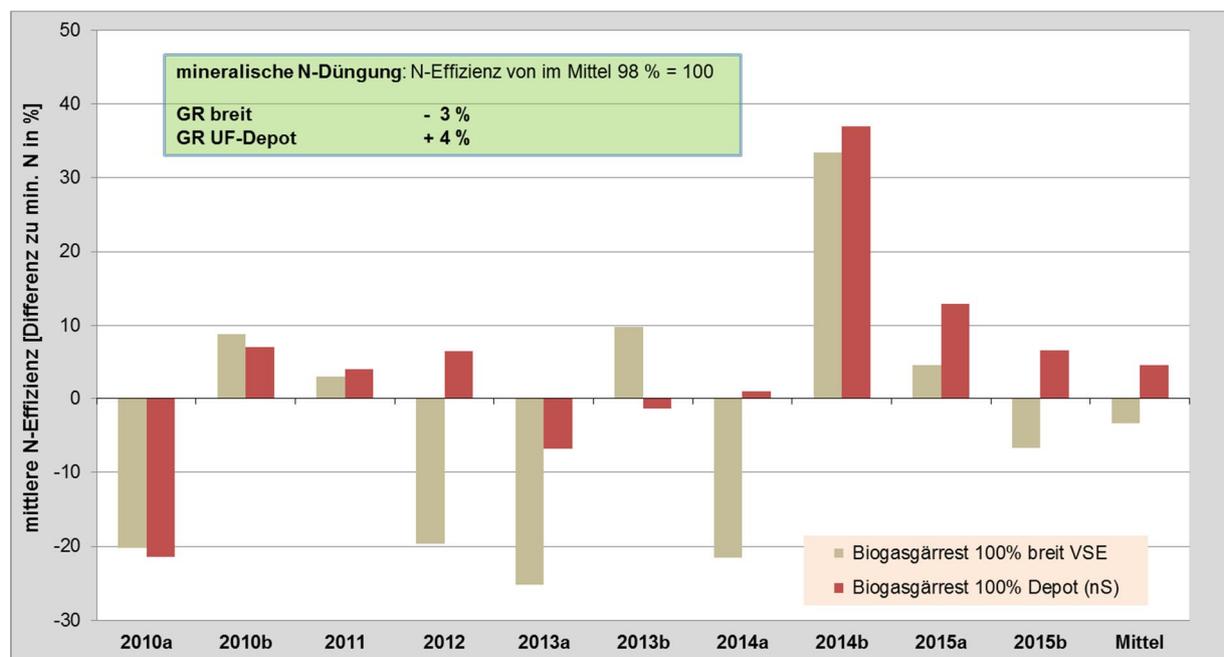
**Tabelle 12: Kenngrößen (absolut) – N-Dynamik bei Silomais (Mittel aus 10 Versuchen)**

Versuchsglieder	N-Düngung	N-Abfuhr	N-Saldo	N-Effizienz	N-Effizienz	N <sub>min</sub> (n. Ernte)
	[kg/ha]	[kg/ha]	[kg/ha]	[% NH <sub>4</sub> -N]	[% ges. N]	[kg/ha]
ohne N	0	162	-162			13
mineralisch N	149	206	-58		98	45
GR fl. breitflächig	143	198	-49	94	56	30
GR fl. UF-Depot	141	205	-58	102	71	58

Ähnlich verhält es sich bei den Versuchen mit Körnermais. Betrachtet man die Effizienz der Gesamt-N-Gabe im Block mit „UF-Depot“, so zeigt sich eine noch deutlichere Verbesserung gegenüber breitflächiger Ausbringung. Zu Silomais sind durchaus 70 %, zu Körnermais noch akzeptable 54 % Ausnutzung erreichbar. Besonders interessant ist dieses Ergebnis bei Silomais, da Körnermais in den meisten Fällen keine oder deutlich weniger organische Dünger erhält.

**Tabelle 13: Kenngrößen (absolut) – N-Dynamik bei Körnermais (Mittel aus 5 Versuchen)**

Versuchsglieder	N-Düngung	N-Abfuhr	N-Saldo	N-Effizienz	N-Effizienz	N <sub>min</sub> (n. Ernte)
	[kg/ha]	[kg/ha]	[kg/ha]	[% NH <sub>4</sub> -N]	[% ges. N]	[kg/ha]
ohne N	0	120	-120			31
mineralisch N	158	162	-6		81	57
GR fl. breitflächig	158	157	-2	78	47	64
GR fl. UF-Depot	154	158	-7	80	54	73



**Abbildung 14: Mittlere N-Effizienz (NH<sub>4</sub>-N) bei Silomais im Systemvergleich (Mittel aus 10 Versuchen) (Buchstaben a und b bedeuten mehrere Versuche in einem Jahr)**

Entsprechend der beschriebenen Ertragssituation stellt sich die N-Effizienz der Vergleichsvarianten noch deutlicher dar (Abbildung 14). Die Variante „UF-Depot“ erreicht danach in 7 von 10 Versuchen eine höhere N-Effizienz als die mineralische N-Düngung, aber auch als die breitflächige Ausbringung der Gärreste. Im Mittel errechnet sich ein Vorsprung von 4 % gegenüber „GR breit“.

Da bei der Berechnung und Bewertung der N-Effizienz die Menge an Gesamt-N der Dünger herangezogen werden muss, werden bis auf einen Fall die Werte mit organischer Düngung gegenüber der mineralischen deutlich negativ (Abbildung 15). Dies überrascht nicht. Jedoch fällt beim Vergleich der Düngungssysteme mit Gärresten besonders auf, dass die N-Effizienz der Variante mit „UF-Depotdüngung“ um 14 % über der der breitflächigen Ausbringung liegt. Zur Erläuterung der Größe „14 %“ ist festzuhalten, dass der größere Teil davon – nämlich ca. 70 % - der Einsparung der Gesamt-N-Düngermenge, ca. 30 % (= 4 %) der Verminderung potentieller Ammoniumverluste im Zuge der Ausbringung entstammen.

Letztendlich ist festzuhalten, dass die in den Versuchen mit breitflächiger Ausbringung der flüssigen Wirtschaftsdünger ermittelten 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 dürfte 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 Ausbringmenge veranschlagte N-Mindest-Anrechenbarkeit von 70 % vom Gesamt-N in den Versuchen durchaus noch höher hätte sein können.

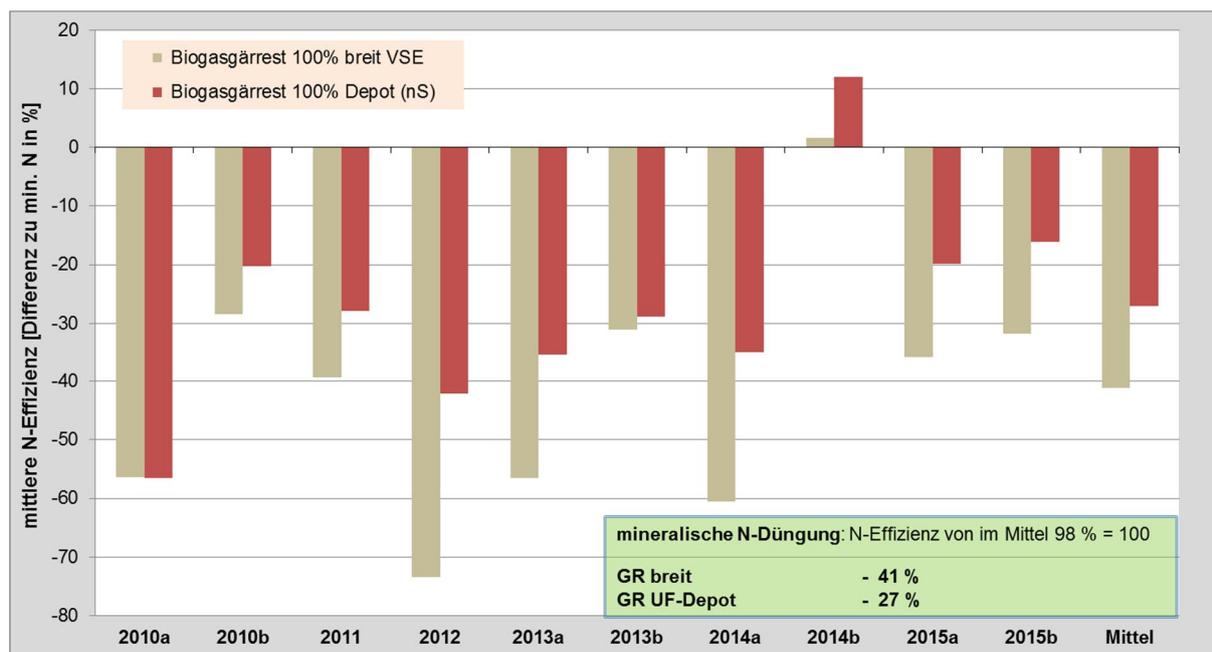


Abbildung 15: Mittlere N-Effizienz (Gesamt-N) bei Silomais im Systemvergleich (Mittel aus 10 Versuchen) (Buchstaben a und b bedeuten mehrere Versuche in einem Jahr)

### Versuche zur N-Effizienz fester Gärreste mit Silomais (DGG 12-03)

Im Rahmen umfangreicher Versuche sollte die N-Wirkung sog. Feststoff-Gärreste untersucht werden. Motivation hierfür war das steigende Aufkommen an entwässerten Gärresten, um diese transportfähiger, aber auch besser lagerfähig zu machen. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass bei unsachgemäßer Lagerung durchaus der gesamte Ammonium-N (bis zu 50 % vom Gesamt-N! – s. Tabelle 2) in Folge sehr hoher pH-Werte der entwässerten Gärreste an die Umwelt verloren gehen kann. Eine Lagerung in einem geschlossenen Lager bzw. mit möglichst luftdichter Abdeckung ist daher zu fordern. In Tabelle 14 sind die Ergebnisse möglicher Ammoniakverluste bei längerer offener Lagerung – auch unter dem Einfluss einer natürlich ablaufenden Rotte oder Kompostierung – abgebildet.

Tabelle 14: Kenndaten im Verlauf einer Aufbereitung flüssiger Gärreste (LTZ, 2014)

Gärrest-Zustand/-Behandlung	TS	pH	Gesamt-N	NH <sub>4</sub> -N	
	[% FM]		[kg/m <sup>3</sup> bzw. t FM]	[% Ges. N]	
GR flüssig (Endlager)	6,7	7,9	4,8	3,1	65
Feststoff frisch	23,8	8,8	6,8	3,6	53
Feststoff getrocknet	37,0	8,6	8,6	3,2	37
Feststoff getrocknet und gelagert	67,1	8,0	15	2,4	16

Da Feststoff-Gärreste hauptsächlich zur Ergänzung von organischer Substanz und so dem Humusersatz/-aufbau dient, sollte geprüft werden, welche N-Ergänzungsdüngung notwendig ist, um einerseits das N-Angebot des organischen Düngers optimal zu nutzen und andererseits die standortüblichen Maiserträge unter dem Aspekt eines „Humusdüngers“ erzielen zu können.

Daher wurde in einem umfangreichen Versuch mit 3 mineralischen und 4 organisch-mineralischen N-Stufen (s. **Fehler! Ungültiger Eigenverweis auf Textmarke.**) mehrjährig das Ertragspotential frischer – maximal 4 Wochen gelagerter – Feststoff-Gärreste im Vergleich zu einem stabilisierten Harnstoffdünger (Ha stabil) geprüft. Als Berechnungsbasis der Ausbringmenge für die Feststoff-Gärreste wurde deren Ammonium-N-Anteil als quantitativ pflanzenverfügbare N-Quelle herangezogen. Dieser wurde im Mittel der Versuche mit 44 kg N/ha ermittelt.

**Tabelle 15: Versuchsplan – N-Wirkung einer Düngung mit Gärrest Feststoff im Vergleich zu einer mineralischen N-Düngung**

Variante	Düngung	N-Stufe	N-Düngung <sup>1)</sup>
			[kg/ha]
1	ohne N		0
2	mineralisch N ( <b>Ha stabil</b> )	N 1	50
3		N 2	82
4		N 3	134
5	<b>GR Feststoff</b>	N 1	44
6		N 2	85
7		N 3	118
8		N 4	166

<sup>1)</sup> Mittel von 8 Versuchen

**Tabelle 16: Ertrag und Qualität von Silomais (Mittel aus 5 Versuchen)**

Versuchsglied	(Ergänzungs-) Düngung	N-Düngung	Ertrag	Relativertrag	Rohprotein
		[kg/ha]	[t TM/ha]	[% z. V.Mittel]	[% TM]
Kontrolle	N 0	0	14,9	0	7,2
mineralisch N	N 1	50	15,8	95	7,8
	N 2	82	16,5	100	8,0
	N 3	134	17,3	105	7,5
Gärrest Feststoff	N 1	44	16,8	101	7,5
	N 2	85	16,6	101	7,7
	N 3	118	17,3	104	8,1
	N 4	166	17,1	103	7,9

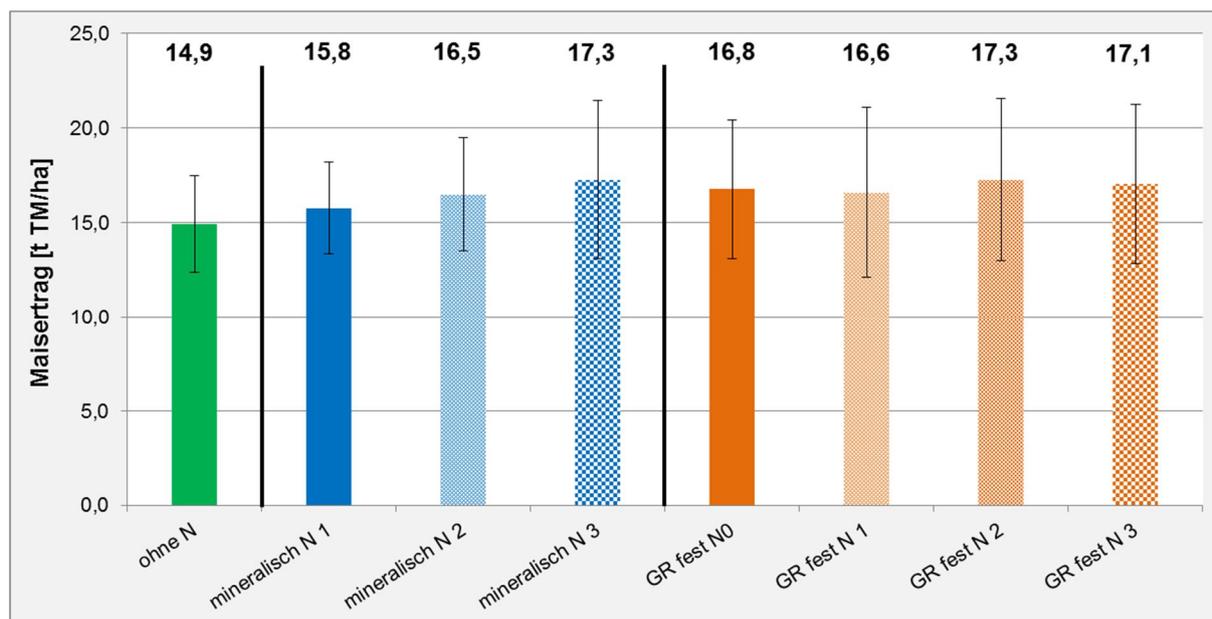
Versuchsmittel **16,5**

**Tabelle 17: statistische Beschreibung des Versuches DGG 12-03**

Silomais	Faktor	Ertrag	Rohprotein
		[Signifikanz: 0,05 %]	
s. Tabellen 31 - 39 (stat. Anhang)	V.Jahr (2012 - 2015)	* signifikante Unterschiede zwischen allen Versuchsjahren vorhanden	* signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsjahren vorhanden * Ausnahme: 2012 = 2013
	Standort (n = 2)	Keine Standortunterschiede!	* Oberrhein > Ostalb
	N-Düngung	* mineral. N < GR <sub>rest</sub> /Stufe N2 bzw. GR <sub>rest</sub> /Stufe N3 * GR <sub>rest</sub> /Stufe N0 < GR <sub>rest</sub> /Stufe N3 (übrige Düngungsvarianten: keine signifikanten Unterschiede!)	* gedüngte Varianten > ohne N * mineral. N Stufe N1 > mineral. N Stufe N3

Die Bezeichnung „< bzw. >“ beschreibt die Signifikanz der Einzelvergleiche.

Statistisch betrachtet ergab sich auch in dieser Versuchsreihe nur zur Kontrolle „ohne N-Düngung“ eine schwache Absicherung bei den Maiserträgen von 6 % bis 16 % mit mineralischer N-Düngung bzw. 11 % bis 16 % bei der Düngung mit Feststoff-Gärresten ohne und mit N-Ergänzung (Tabelle 16, Tabelle 17 sowie Abbildung 15).



**Abbildung 15: Ertrag von Silomais (Mittel aus 5 Versuchen)**

Langjährig betrachtet, lag das ökonomische Düngungsoptimum bei den vorgestellten Versuchen auf der Stufe N2 mit im Mittel 82 bzw. 85 kg N/ha als Ammonium-N. Auf diesem N-Niveau konnten sowohl die standorttypischen Erträge (vgl. Tabelle 16), aber auch Rohproteingehalte sicher erreicht werden. Unterstützt wurde dies durch das bekanntlich sehr hohe N-Nachlieferungspotential unter Mais.

**Tabelle 18: Kenngrößen – N-Dynamik (Mittel aus 8 Versuchen)**

Versuchsglied	(Ergänzungs-) Düngung	N-Düngung	N-Abfuhr	N-Effizienz	N-Effizienz	N <sub>min</sub> (n. Ernte)
		[kg/ha]	[kg/ha]	[% NH <sub>4</sub> -N]	[% ges. N]	[kg/ha]
Kontrolle	N 0	0	170			41
mineralisch N	N 1	50	193		2,57	39
	N 2	82	206		1,64	74
	N 3	134	208		1,15	71
	N 4	166	214		0,66	66
Gärrest Feststoff	N 1	44	196	3,06	1,22	32
	N 2	85	202	1,63	0,93	37
	N 3	118	222	1,34	0,86	67
	N 4	166	214	0,94	0,66	66

Auf Standorten mit einem höheren Ertragsniveau ist davon auszugehen, dass ein N-Düngungsniveau von 120 kg/ha – wie auf Stufe N3 in der Kombination GR fest + mineralisch N dargestellt – ökonomisch und ökologisch durchaus zu favorisieren ist. Ökologisch bedeutet dies jedoch ein erhöhtes Risiko steigender Rest-Nitratwerte nach der Maisernte (vgl. Tabelle 18).

## Versuche zur P-Wirkung flüssiger Gärreste im Systemvergleich (DGG 13-05 und DGG 14-01)

Da in Regionen mit kühler Frühjahrswitterung selbst auf mit Phosphor hoch versorgten Ackerflächen regelmäßig zur P-Düngung über die flüssigen Wirtschaftsdünger Phosphor auch mineralisch in Form einer Unterfußdüngung ausgebracht wird, war es konsequent, auch hierzu das System „UF-Depot“ zu prüfen. Die im Mittel von 3 Versuchsjahren ausgebrachte Phosphatmenge (Tabelle 19) entspricht

mindestens den P-Mengen, die in der landwirtschaftlichen Praxis im Maisanbau gedüngt werden – meist unabhängig vom jeweiligen P-Versorgungszustand der Ackerflächen.

Sehr häufig bedeutet dies daher für Einzelflächen, aber auch für größere Flächenanteile – z.B. Flächen in Hofnähe –, dass der nach DüV tolerierte P-Überschuss von derzeit 20 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha (im Mittel von 6 Jahren) nicht einzuhalten ist. Verlangt der Produktionsstandort mit verzögerter, kühler Frühjahrswitterung eine zusätzliche P-Unterfußdüngung, so wird der Spielraum für die betroffenen Betriebe noch kleiner.

**Tabelle 19: Versuchsplan – P-Wirkung flüssiger Gärreste im Systemvergleich sowie mineralischer UF-Düngung**

Variante	Düngung	Termin	P-Düngung <sup>3)</sup>
			[kg/ha]
1	ohne N - ohne P-UFD	vSE	
2	ohne N - mit P-UFD	vSE + zur Saat	57
3	Ha stabil - ohne P-UFD	vSE	
4	Ha stabil - mit P-UFD	vSE + zur Saat	57
5	GR fl. breit - ohne P-UFD <sup>1)</sup>	vSE	70
6	GR fl. breit - mit P-UFD	vSE + zur Saat	100
7	GR fl. UF-Depot - ohne P-UFD <sup>2)</sup>	nS	60
8	GR fl. UF-Depot - mit P-UFD	nS + zur Saat	91

<sup>1)</sup> 60 % anrechenbarer N <sup>2)</sup> 70 % anrechenbarer N <sup>3)</sup> Mittel von 3 Versuchen

Tabelle 19 zeigt den Versuchsplan zur Frage der „P-Wirkung flüssiger Gärreste“ im Systemvergleich. Auch in diesen Versuchen wurde die lösliche N-Fracht im UF-Depot mit 70 % vom Gesamt-N bewertet. Dies hatte zur Folge, dass auch im Mittel 10 kg/ha weniger Phosphat im Vergleich zur breitflächigen Düngung mit flüssigen Gärresten ausgebracht wurde. Die Versuchsfrage war daher, ob das systembedingt verringerte P-Angebot im UF-Depot insbesondere während der kritischen Jugendentwicklung von Mais noch ausreichend war oder ob eine zusätzliche mineralische P-Unterfußdüngung zur Saat Vorteile bringen würde. Im Mittel der Versuche wurden 129 kg N/ha mineralisch bzw. in Form der flüssigen Gärreste ausgebracht.

Am Versuchsstandort „Ostalb“ stellt die mineralische P-Unterfußdüngung eine Standardmaßnahme im intensiven Maisanbau dar. In allen Versuchsjahren konnte daher auch ein deutlicher Mehrertrag in den Varianten „ohne N-Düngung“ und mit mineralischer N-Düngung, aber auch im Falle einer breitflächigen Ausbringung der fl. Gärreste (trotz einer breitflächigen P-Zufuhr von im Mittel 78 kg/ha) erzielt werden (Tabelle 20 und Abbildung 16).

Im System „UF-Depot“ hatte dagegen die zusätzliche P-Unterfußdüngung keine Ertragszuwächse zur Folge, vielmehr war in Einzeljahren sogar eine Ertragsminderung zu verzeichnen. Somit bestätigte sich, dass aus dem UF-Depot die Maispflanze 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. Dies könnte im Gegenzug jedoch auch die (zusätzliche) Abgabe an Wirtschaftsdüngern zur Folge haben (Tabelle 20).

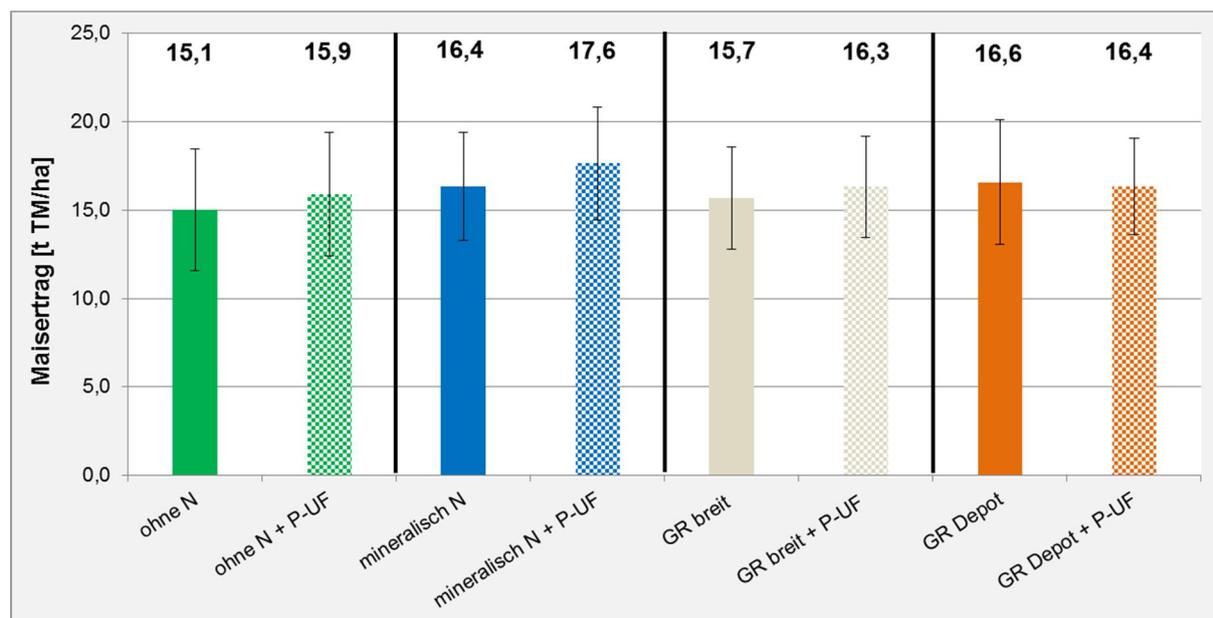
**Tabelle 20: Versuchsergebnisse - P-Wirkung (Mittel aus 4 Versuchen)**

Versuchsglieder	P-Düngung	Ertrag	Relativertrag	P-Abfuhr	P-Effizienz (eff.)
	[kg/ha]	[t TM/ha]	[% z. V.Mittel]	[kg/ha]	[%]
ohne N ohne P-UFD		15,1	93	69	
ohne N mit P-UFD	57	15,9	98	73	0,10
mineralisch N ohne P-UFD		16,4	101	71	
mineralisch N mit P-UFD	57	17,6	109	78	0,13
GR fl. breit ohne P-UFD	70	15,7	97	74	0,13
GR fl. breit mit P-UFD	100	16,3	101	76	0,04
GR fl. UF-Depot ohne P-UFD	60	16,6	102	77	0,12
GR fl. UF-Depot mit P-UFD	91	16,4	101	73	0,02
<b>Versuchsmittel</b>		<b>16,2</b>			

**Tabelle 21: statistische Beschreibung der Versuche DGG 13-05 und DGG 14-03**

Silomais	Faktor	Ertrag	Rohprotein
		[Signifikanz: 0,05 %]	
s. Tabellen 40 - 43 (stat. Anhang)	V.Jahr (2012 - 2015)	* signifikante Unterschiede zwischen allen Versuchsjahren vorhanden	Nicht belegt!
	Standort (n = 1)	Nicht belegt!	Nicht belegt!
	N-Düngung	* ohne N ohne P-UFD < mineral. N ohne/mit P-UFD * ohne N ohne P-UFD < GR <sub>breit</sub> mit P-UFD bzw. GR UF ohne/mit P-UFD * ohne N mit P-UFD < mineral. N mit P-UFD * mineral. N mit P-UFD > GR <sub>breit</sub> ohne/mit P-UFD (übrige Düngungsvarianten: keine signifikanten Unterschiede!)	Nicht belegt!

Die Bezeichnung „< bzw. >“ beschreibt die Signifikanz der Einzelvergleiche.



**Abbildung 16: Ertrag von Silomais (Mittel aus 4 Versuchen)**

Durch regelmäßige Untersuchungen von Bodenproben auf lösliches Phosphat (CAL) konnte die Vermutung, dass Phosphat im UF-Depot über eine ausreichend lange Phase der Vegetationszeit in löslicher, Pflanzen aufnehmbarer Form vorliegt, bestätigt werden (Abbildung 17). Die Phosphat-

Gehalte waren danach im UF-Depot über den gesamten Beobachtungszeitraum deutlich höher als bei den Vergleichsvarianten. Ebenso hatte die größere räumliche Entfernung des Nährstoffdepots keine negativen oder wachstumshemmenden Folgen. Diese im Rahmen der Versuche zur N-Wirkung bereits beobachteten Eigenschaften des UF-Depotsystems wurden nun auch für Phosphat bestätigt, da dieses im Boden ähnlich dem Ammonium-N unbeweglich ist, d.h. an der Pflanzenwurzel liegen oder von dieser durch gezieltes Wachstum erreicht werden muss (vergleiche Applikation von Phosphat nahe am Saatkorn bei herkömmlicher Unterfußdüngung!). Diesen räumlichen „Nachteil“ des UF-Depots kompensiert die Maispflanze durch ein intensives zum Nährstoffdepot ausgerichtetes und von Ammonium-N und Phosphat initiiertes Wurzelwachstum (s. Abbildung 19 a). So ist es zu erklären, dass selbst im frühen Jugendwachstum kein N- oder P-Mangel in den Maisversuchen festgestellt wurde.

Aus Sicht einer ausgewogenen N- und P-Ernährung kann daher die Anlage eines UF-Depots zu Mais – selbst unter Berücksichtigung der bekanntermaßen hohen frühen P-Bedürftigkeit – selbst in Regionen mit langsamer Erwärmung der Böden durchaus bis 10 Tage nach der Aussaat erfolgen. Entscheidend ist auch hier die Stabilität des Phosphatdepots.

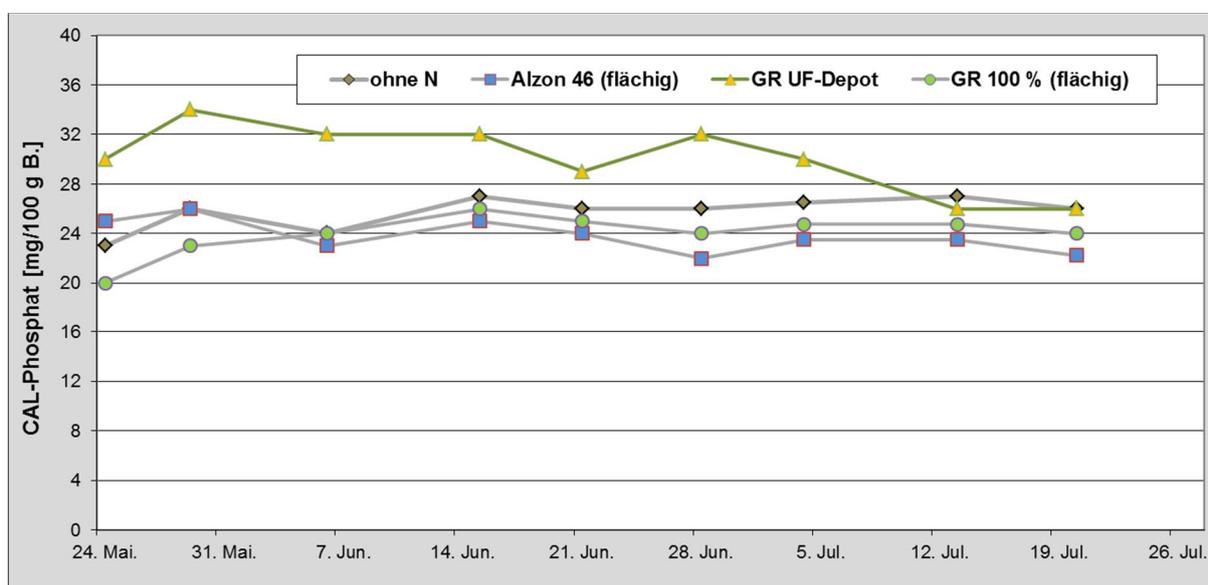


Abbildung 17: CAL-Phosphatgehalte [mg/100 g Boden] (DGG 14-01)

## Versuche zur N-Wirkung mineralischer N-Dünger im Systemvergleich (DGG 13-02)

Um Marktfruchtbetrieben in Körnermaisregionen oder zum Betrieb einer Biogasanlage auf Basis pflanzlicher Substrate ebenfalls ein Alternativverfahren zur breitflächigen Ausbringung der Dünger anzubieten und um die bekannten Vorteile einer ammoniumbetonten Ernährung – wie beim sog. CULTAN-Verfahren mit flüssigen Ammoniumdüngern nachgewiesen – nutzen zu können, wurde im Rahmen der umfangreichen produktions-technischen Versuche PTV zum Systemvergleich auch die Option einer UF-Depotdüngung mit Harnstoff ohne und mit Stabilisierung geprüft.

Da zu diesem Verfahren ebenfalls umfängliche Versuche und Untersuchungen im Rahmen von INTERREG-Projekten durchgeführt wurden und weiterhin werden, wurden die Versuche nur auf 2 Jahre angelegt. Zur Vervollständigung des Gesamtbildes werden die Ergebnisse jedoch im Folgenden kurz dargestellt.

**Tabelle 22: Versuchsplan – N-Wirkung mineralischer N-Dünger im Systemvergleich**

**Silomais**

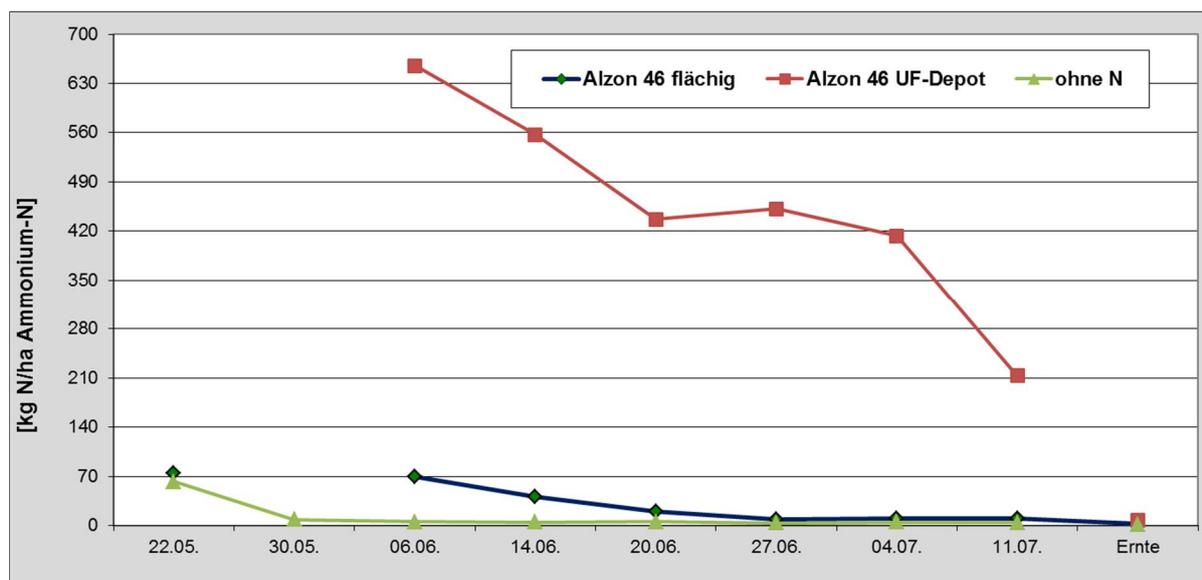
Variante	Düngung	N-Stufe	N-Düngung <sup>1)</sup>
			[kg/ha]
1	ohne N		0
2	mineralisch N ( <b>Ha stabil</b> ) breitflächige Ausbringung	N 1	105
3		N 2	148
4	mineralisch N ( <b>Ha stabil</b> ) UF-Depot	N 1	105
5		N 2	148

<sup>1)</sup> Mittel von 3 Versuchen

**Körnermais**

Variante	Düngung	N-Stufe	N-Düngung <sup>1)</sup>
			[kg/ha]
1	ohne N		0
2	mineralisch N ( <b>Ha stabil</b> ) breitflächige Ausbringung	N 1	135
3		N 2	155
4	mineralisch N ( <b>Ha stabil</b> ) UF-Depot	N 1	135
5		N 2	155

<sup>1)</sup> Mittel von 2 Versuchen



**Abbildung 18: Verlauf der Ammonium-N-Gehalte im Systemvergleich mit mineralischer N- Düngung (DGG 13-02)**

Die Versuche wurden mit Silo- und Körnermais durchgeführt. Als N-Dünger wurde Harnstoff verwendet, da dieser insbesondere im Körnermaisbau als kostengünstiger Dünger eingesetzt wird, aber auch für Injektions- oder Depotverfahren auf Grund der hohen N-Konzentration als sehr vielversprechend gesehen wird. Es wurden 2 N-Stufen (Tabelle 22) jeweils im Vergleich breitflächige Ausbringung des gesamten N-Düngebedarfs vor der Saat mit zeitnahe Einarbeitung (Ammoniak-Verluste!) bzw. im UF-Depot eingeführt.

Abbildung 18 und Abbildung 20 zeigen wiederum den Verlauf der Ammonium- und Nitrat-N-Gehalte im Boden im Systemvergleich. Es bestätigt sich auch in diesem Fall im UF-Depot mit stabilisiertem Harnstoff eine ausgeprägte Ammoniumphase über mehr als 6 Wochen. Daher kann für die

entscheidende Phase der N-Aufnahme von Mais bis beginnende Blüte für dieses System eine betonte Ammoniumernährung mit den bekannten Vorteilen einer Ammoniumernährung unterstellt werden - eine intensive Durchwurzelung der konzentrierten Ammoniumdepots vorausgesetzt. Dies kann an Hand vielfältiger Untersuchungen zum Wurzelwachstum angenommen und auch dokumentiert werden (s. Abbildung 19 a und b).

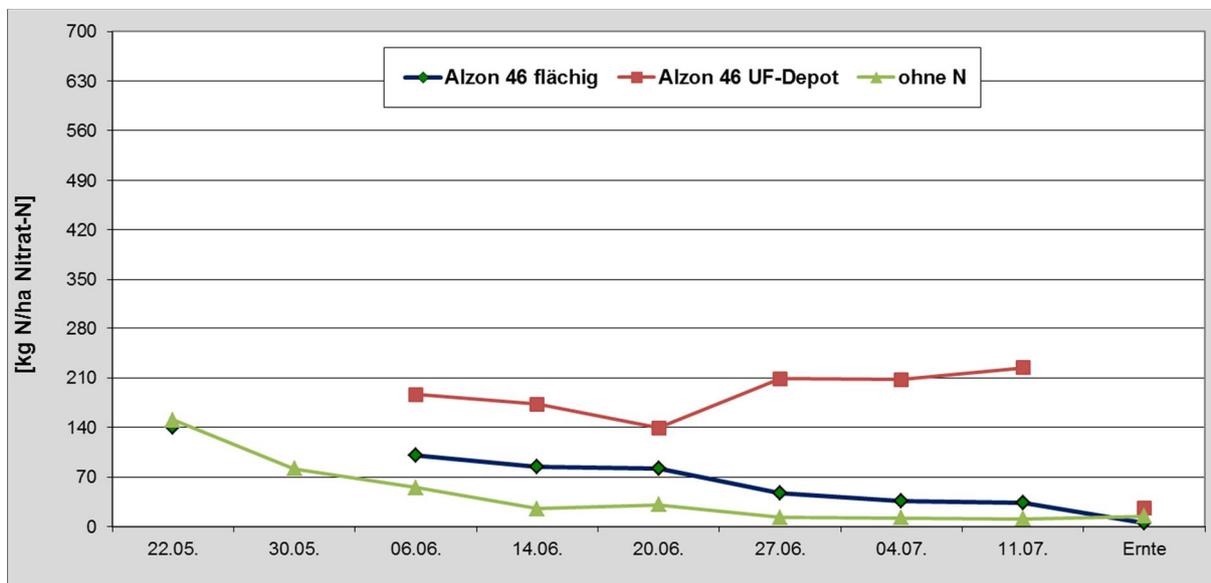


Abbildung 20: Verlauf der Nitrat-N-Gehalte im Systemvergleich mit mineralischer N-Düngung (DGG 13-02)

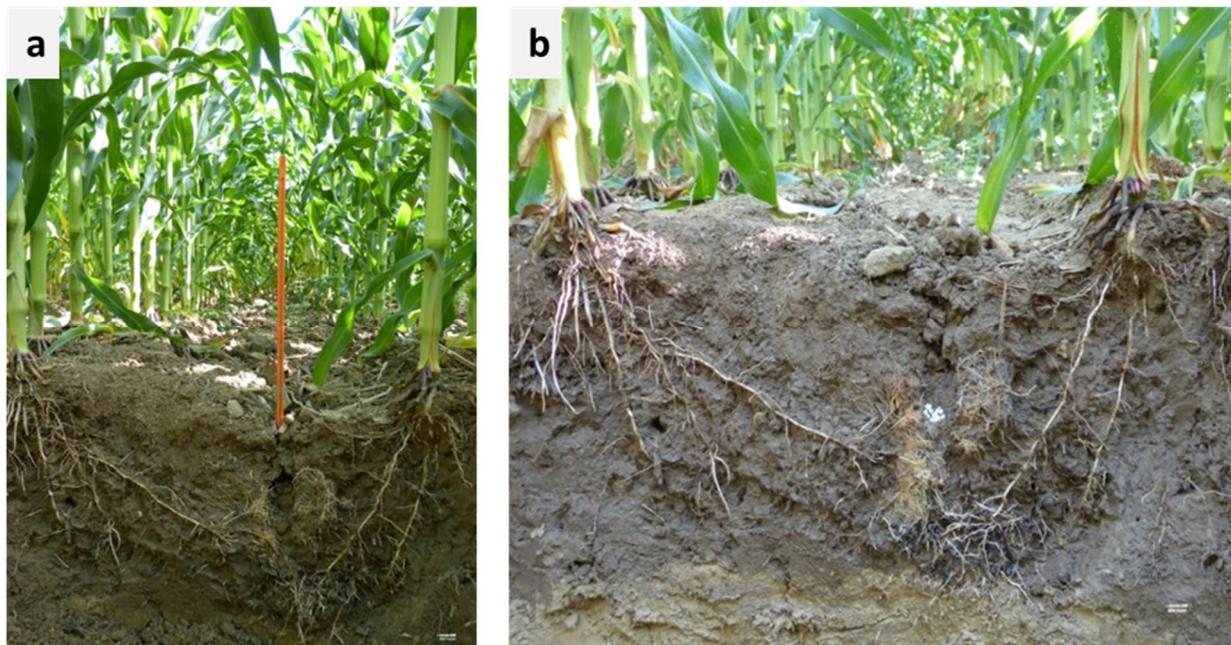


Abbildung 19: Durchwurzelung UF-Depot (Müller-Sämman, 2014)

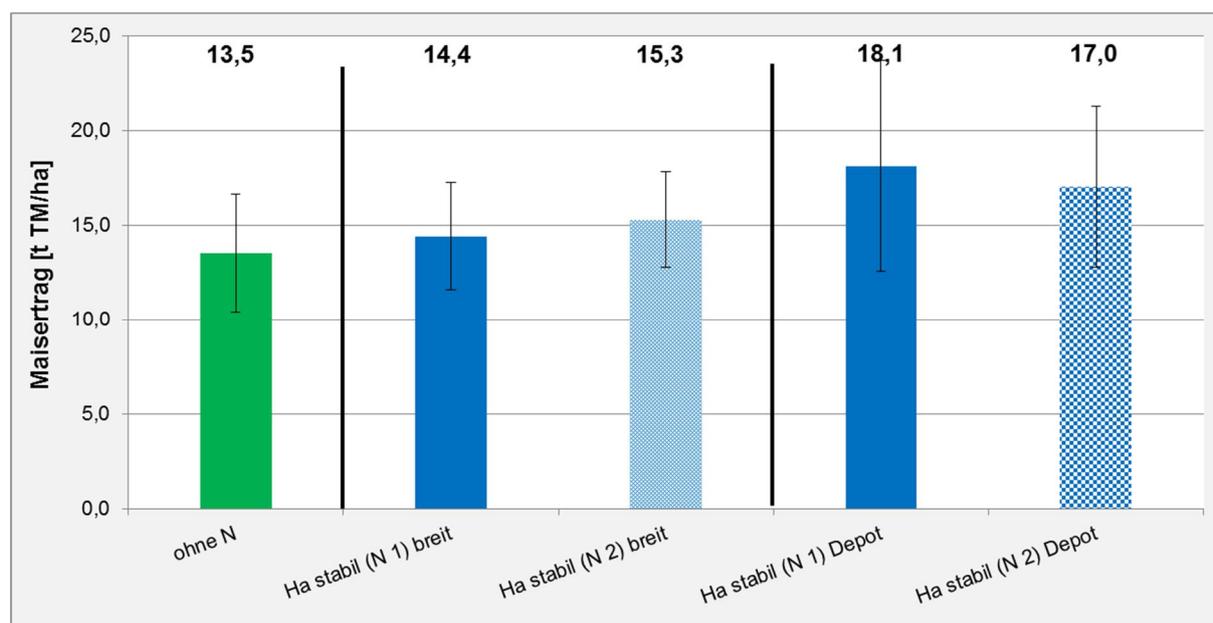
**Tabelle 23: Ertrag und Qualität von Silo- und Körnermais bei mineralischer N-Düngung im Systemvergleich (Mittel aus 3 bzw. 2 Versuchen)**

**Silomais (n = 3)**

Versuchsglieder		N-Düngung	Ertrag	Relativertrag	Rohprotein
System	Stufe	[kg/ha]	[t TM/ha]	[% z. V.Mittel]	[% TM]
ohne N		0	13,5	86	6,5
Ha stabil breit	N 1	105	14,4	92	7,3
Ha stabil breit	N 2	148	15,3	98	7,5
Ha stabil UF-Depot	N 1	105	18,1	116	8,1
Ha stabil UF-Depot	N 2	148	17,0	109	7,6
<b>Versuchsmittel</b>			<b>15,7</b>		

**Körnermais (n = 2)**

Versuchsglieder		N-Düngung	Ertrag	Relativertrag	Rohprotein
System	Stufe	[kg/ha]	[t TM/ha]	[% z. V.Mittel]	[% TM]
ohne N		0	10,1	88	8,4
Ha stabil breit	N 1	135	10,4	91	9,0
Ha stabil breit	N 2	155	10,9	96	8,9
Ha stabil UF-Depot	N 1	135	13,2	116	9,2
Ha stabil UF-Depot	N 2	155	12,4	109	9,9
<b>Versuchsmittel</b>			<b>11,4</b>		



**Abbildung 20: Ertrag von Silomais (Mittel aus 3 Versuchen)**

Den Versuchen mit flüssiger Wirtschaftsdünger im UF-Depot entsprechend sind auch bei einer mineralischen N-Düngung die Erträge mit UF-Depot signifikant höher als bei breitflächiger Ausbringung. In der Konsequenz geringerer N-Verluste in Folge längerer Ammoniumphase und daran gekoppelter betonter Ammoniumernährung werden bereits auf Stufe N1 im UF-Depot höhere Erträge erreicht als bei flächiger Düngung. Eine weitere Erhöhung der N-Gabe bewirkt nun keine signifikante Ertragszunahme mehr (

Tabelle 23 und Abbildung 20).

**Tabelle 24: statistische Beschreibung des Versuches DGG 13-02**

<b>Silomais</b>	<b>Faktor</b>	<b>Ertrag</b> [Signifikanz: 0,05 %]	<b>Rohprotein</b>
s. Tabellen 44 - 49 (stat. Anhang)	V.Jahr (2013 - 2015)	* 2013 < 2014 * 2014 > 2015	* signifikante Unterschiede zwischen allen Versuchsjahren vorhanden
	Standort (n = 1)	Nicht belegt!	Nicht belegt!
	N-Düngung	* ohne N < mineral. N UF Stufe N1 und N2 * mineral. N <sub>breit</sub> Stufe N1 < mineral. N UF Stufe N1 und N2 * mineral. N <sub>breit</sub> Stufe N2 < mineral. N UF Stufe N1 und N2 (übrige Düngungsvarianten: keine signifikanten Unterschiede!)	* gedüngte Varianten > ohne N
<b>Körnermais</b>	<b>Faktor</b>	<b>Ertrag</b> [Signifikanz: 0,05 %]	<b>Rohprotein</b>
s. Tabellen 50 - 55 (stat. Anhang)	V.Jahr (2013 - 2014)	* signifikante Unterschiede zwischen allen Versuchsjahren vorhanden	* signifikante Unterschiede zwischen allen Versuchsjahren vorhanden
	Standort	Nicht belegt!	Nicht belegt!
	N-Düngung	* ohne N < mineral. N UF Stufe 1 und 2 * mineral. N <sub>breit</sub> Stufe N1 < mineral. N UF Stufe 1 und 2 * mineral. N <sub>breit</sub> Stufe N2 < mineral. N UF Stufe 1 und 2 (übrige Düngungsvarianten: keine signifikanten Unterschiede!)	* ohne N < mineral. N UF Stufe 1 und 2 * mineral. N <sub>breit</sub> Stufe N1 < mineral. N UF Stufe N2 * mineral. N <sub>breit</sub> Stufe N2 < mineral. N UF Stufe N2

Die Bezeichnung „< bzw. >“ beschreibt die Signifikanz der Einzelvergleiche.

*Kenngroßen des N-Haushalts*

Ähnliches zeigen die Kenngroßen des N-Haushaltes (**Fehler! Ungültiger Eigenverweis auf Textmarke.**). Hier überrascht Körnermais mit sehr guter N-Effizienz. Erhöhte Nitrat-N-Werte nach Ernte auf den Teilflächen mit UF-Depot belegen die Bildung und Stabilität des N-Depots bis zur Erntereife und verlangen eine Anpassung der N-Düngung insbesondere auf fruchtbaren Ackerböden – wie dies in den Versuchen der Fall war.

**Tabelle 25: Kennzahlen der N-Dynamik von Silo- bzw. Körnermais bei mineralischer N-Düngung im Systemvergleich (Mittel aus 3 bzw. 2 Versuchen)**

<b>Silomais (n = 3)</b>		N-Düngung	N-Abfuhr	N-Effizienz	N <sub>min</sub> (n. Ernte)
System	Stufe	[kg/ha]	[kg/ha]	[%]	[kg/ha]
ohne N		0	140		8
<b>Ha stabil breit</b>	N 1	105	170	1,05	30
<b>Ha stabil breit</b>	N 2	148	185	0,80	54
<b>Ha stabil UF-Depot</b>	N 1	105	230	1,37	120
<b>Ha stabil UF-Depot</b>	N 2	148	207	0,94	103

Versuchsglieder		N-Düngung	N-Abfuhr	N-Effizienz	N <sub>min</sub> (n. Ernte)
System	Stufe	[kg/ha]	[kg/ha]	[%]	[kg/ha]
ohne N		0	138		9
<b>Ha stabil breit</b>	N 1	135	150	0,86	51
<b>Ha stabil breit</b>	N 2	155	154	0,51	51
<b>Ha stabil UF-Depot</b>	N 1	135	195	1,93	120
<b>Ha stabil UF-Depot</b>	N 2	155	195	0,83	83

## Fazit:

Eine platzierte Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger, aber auch mineralischer Ammonium- bzw. ammoniumbetonter Dünger 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 der UF-Depots mit den in der landwirtschaftlichen Praxis etablierten breitflächigen Düngeverfahren konkurrenzfähig sind, die N-, aber auch P-Effizienz systembedingt jedoch mit einem UF-Depot deutlich höher zu bewerten ist.

Ein positiver Ertragsnachweis einer Ammoniumstabilisierung flüssiger Wirtschaftsdünger zu Mais – besonders zu Körnermais – ist nur in Einzelfällen möglich, da die bei Mais bekannt große N-Mineralisationsleistung die von anderen Autoren beschriebenen Vorzüge einer Ammoniumstabilisierung in den meisten Anbauregionen Baden-Württembergs wohl überdeckt. Dies ist einerseits der häufig hohen Bodenfruchtbarkeit besonders auf langjährig organisch gedüngten Flächen, andererseits einer zügigen Erwärmung der Böden im Frühjahr zur vegetativen Entwicklung zuzuschreiben. Es konnte jedoch für die organische, aber auch mineralische N-Düngung im UF-Depot eine Verstärkung und Verlängerung der gewünschten Ammoniumphase in Verbindung 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 dem landwirtschaftlichen Betrieb 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 geprüften „UF-Depot“ ließen sich wachsende ökologische Anforderungen an die moderne und konkurrenzfähige Pflanzenproduktion im Teilbereich „Düngung“ variabel und effizient erfüllen.

## Anhang – statistische Kennzahlen

Die Daten für Ertrag, Rohprotein und N-Abfuhr wurden für jedes Versuchsjahr getrennt und für alle Versuchsjahre gemischt mit SPSS ausgewertet. Eine Transformation der Daten sowie das Entfernen von Ausreißern war nicht notwendig.

Hierzu erfolgte mittels der Prozedur „univariate Varianzanalyse“ der Test der Zwischensubjekteffekte. Ebenso wurden die geschätzten Randmittel für die Versuchsjahre, die Varianten und die Wiederholungen berechnet (mittlere Differenz mit einer Signifikanz auf dem 0,05 % Niveau).

### Versuche zur N-Effizienz flüssiger Gärreste im Vergleich zu Schweinegülle beim Einsatz von Nitrifikationshemmstoffen (V 06-03)

#### Silomais

#### Vergleich „JAHRE“

Tabelle 1: Mittlere Erträge [t TM/ha] und Rohproteingehalte [% TM]

	Ertrag [t TM/ha]		RP-Gehalt [% TM]
2008	15,4	2008	7,1
2009	15,6	2009	6,9
2010	16,1	2010	7,8
2011	18,9	2011	7,1

Tabelle 2: statistische Maßzahlen „Erträge“

Jahr		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
2008	2009	-0,169		-1,010	0,673
	2010	-0,721		-1,562	0,121
	2011	-3,490	***	-4,331	-2,648
2009	2010	-0,552		-1,239	0,135
	2011	-3,321	***	-4,008	-2,634
2010	2011	-2,769	***	-3,456	-2,082

\* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 3: statistische Maßzahlen „Rohproteingehalte“

Jahr		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
2008	2009	0,183	***	-0,170	0,537
	2010	-0,631		-0,985	-0,278
	2011	0,033		-0,320	0,387
2009	2010	-0,815	***	-1,103	-0,526
	2011	-0,150		-0,438	0,138
2010	2011	0,665	***	0,376	0,953

\* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

### Vergleich „STANDORT“

Tabelle 4: Mittlere Erträge [t TM/ha] und Rohproteingehalte [% TM]

	Ertrag [t TM/ha]		RP-Gehalt [% TM]
Oberrhein	19,1	Oberrhein	6,9
Ostalb	14,8	Ostalb	7,5

Tabelle 5: statistische Maßzahlen „Erträge“

Standort		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
Oberrhein	Ostalb	4,239	***	3,852	4,627

\* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 6: statistische Maßzahlen „Rohproteingehalte“

Standort		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
Oberrhein	Ostalb	-0,54	***	-0,703	-0,378

\* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

**Vergleich „DÜNGUNG“**

**Tabelle 7: Mittlere Erträge [t TM/ha] und Rohproteingehalte [% TM]**

	<b>Ertrag [t TM/ha]</b>		<b>RP-Gehalt [% TM]</b>
ohne N	14,7	ohne N	6,0
mineralisch N (KAS)	17,0	mineralisch N (KAS)	7,5
GR breit ohne NiHe	17,1	GR breit ohne NiHe	7,5
GR breit mit NiHe	17,2	GR breit mit NiHe	7,3
SG breit ohne NiHe	16,8	SG breit ohne NiHe	7,5
SG breit mit NiHe	17,0	SG breit mit NiHe	7,7

**Tabelle 8: statistische Maßzahlen „Erträge“**

<b>Düngung</b>		<b>mittlere Ertragsdifferenz</b>	<b>Signifikanz *</b>	<b>95% Konfidenzintervall für die Differenz</b>	
				<b>Untergrenze</b>	<b>Obergrenze</b>
0 kg N/ha	mineralisch N (KAS)	-2,371	***	-3,376	-1,367
	GR breit ohne NiHe	-2,446	***	-3,451	-1,442
	GR breit mit NiHe	-2,564	***	-3,568	-1,560
	SG breit ohne NiHe	-2,129	***	-3,133	-1,124
	SG breit mit NiHe	-2,289	***	-3,293	-1,285
mineralisch N (KAS)	GR breit ohne NiHe	-0,075		-1,079	0,929
	GR breit mit NiHe	-0,193		-1,197	0,811
	SG breit ohne NiHe	0,243		-0,761	1,247
	SG breit mit NiHe	0,082		-0,922	1,086
GR breit ohne NiHe	GR breit mit NiHe	-0,118		-1,122	0,886
	SG breit ohne NiHe	0,318		-0,686	1,322
	SG breit mit NiHe	0,157		-0,847	1,161
GR breit mit NiHe	SG breit ohne NiHe	0,436		-0,568	1,440
	SG breit mit NiHe	0,275		-0,729	1,279
SG breit ohne NiHe	SG breit mit NiHe	-0,161		-1,165	0,843

\* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 9: statistische Maßzahlen „Rohproteingehalte“

Düngung		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	mineralisch N (KAS)	-1,536	***	-1,957	-1,114
	GR breit ohne NiHe	-1,532	***	-1,954	-1,110
	GR breit mit NiHe	-1,311	***	-1,732	-0,889
	SG breit ohne NiHe	-1,575	***	-1,997	-1,153
	SG breit mit NiHe	-1,704	***	-2,125	-1,282
mineralisch N (KAS)	GR breit ohne NiHe	0,004		-0,418	0,425
	GR breit mit NiHe	0,225		-0,197	0,647
	SG breit ohne NiHe	-0,039		-0,461	0,382
	SG breit mit NiHe	-0,168		-0,590	0,254
GR breit ohne NiHe	GR breit mit NiHe	0,221		-0,200	0,643
	SG breit ohne NiHe	-0,043		-0,465	0,379
	SG breit mit NiHe	-0,171		-0,593	0,250
GR breit mit NiHe	SG breit ohne NiHe	-0,264		-0,686	0,157
	SG breit mit NiHe	-0,393		-0,815	0,029
SG breit ohne NiHe	SG breit mit NiHe	-0,129		-0,550	0,293

\* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

## Körnermais

### Vergleich „JAHRE“

Tabelle 10: Mittlere Kornerträge [t TM/ha] und Rohproteingehalte [% TM]

	Ertrag [t TM/ha]		RP-Gehalt [% FM]
2009	10,1	2009	7,0
2010	9,2	2010	7,4
2011	11,7	2011	6,5

Tabelle 11: statistische Maßzahlen „Erträge“

Jahr		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
2009	2010	0,938	***	0,491	1,384
	2011	-1,579	***	-2,026	-1,132
2010	2011	-2,517	***	-2,963	-2,070

\* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 12: statistische Maßzahlen „Rohproteingehalte“

Jahr		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
2009	2010	-0,383	***	-0,752	-0,015
	2011	0,492	***	0,123	0,860
2010	2011	0,875	***	0,506	1,244

\* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

### Vergleich „STANDORT“

Nicht relevant, da Körnermaisversuche nur im „Oberrheingebiet“ durchgeführt wurden.

### Vergleich „DÜNGUNG“

Tabelle 13: Mittlere Kornerträge [t TM/ha] und Rohproteingehalte [% TM]

	Ertrag [t TM/ha]		RP-Gehalt [% TM]
ohne N	8,9	ohne N	5,8
mineralisch N (KAS)	10,8	mineralisch N (KAS)	7,5
GR breit ohne NiHe	10,8	GR breit ohne NiHe	7,2
GR breit mit NiHe	10,9	GR breit mit NiHe	6,8
SG breit ohne NiHe	9,5	SG breit ohne NiHe	7,4
SG breit mit NiHe	11,0	SG breit mit NiHe	7,2

Tabelle 14: statistische Maßzahlen „Erträge“

Düngung		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	mineralisch N (KAS)	-1,925	***	-2,711	-1,139
	GR breit ohne NiHe	-1,917	***	-2,703	-1,131
	GR breit mit NiHe	-2,083	***	-2,869	-1,297
	SG breit ohne NiHe	-0,650		-1,436	0,136
	SG breit mit NiHe	-2,158	***	-2,944	-1,372
mineralisch N (KAS)	GR breit ohne NiHe	0,008		-0,778	0,794
	GR breit mit NiHe	-0,158		-0,944	0,628
	SG breit ohne NiHe	1,275	***	0,489	2,061
	SG breit mit NiHe	-0,233		-1,019	0,553
GR breit ohne NiHe	GR breit mit NiHe	-0,167		-0,953	0,619
	SG breit ohne NiHe	1,267	***	0,481	2,053
	SG breit mit NiHe	-0,242		-1,028	0,544
GR breit mit NiHe	SG breit ohne NiHe	1,433	***	0,647	2,219
	SG breit mit NiHe	-0,075		-0,861	0,711
SG breit ohne NiHe	SG breit mit NiHe	-1,508	***	-2,294	-0,722

\* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 15: statistische Maßzahlen „Rohproteingehalte“

Düngung		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	mineralisch N (KAS)	-1,725	***	-2,373	-1,077
	GR breit ohne NiHe	-1,367	***	-2,015	-0,718
	GR breit mit NiHe	-1,000	***	-1,648	-0,352
	SG breit ohne NiHe	-1,625	***	-2,273	-0,977
	SG breit mit NiHe	-1,417	***	-2,065	-0,768
mineralisch N (KAS)	GR breit ohne NiHe	0,358		-0,290	1,007
	GR breit mit NiHe	0,725	***	0,077	1,373
	SG breit ohne NiHe	0,100		-0,548	0,748
	SG breit mit NiHe	0,308		-0,340	0,957
GR breit ohne NiHe	GR breit mit NiHe	0,367		-0,282	1,015
	SG breit ohne NiHe	-0,258		-0,907	0,390
	SG breit mit NiHe	-0,050		-0,698	0,598
GR breit mit NiHe	SG breit ohne NiHe	-0,625		-1,273	0,023
	SG breit mit NiHe	-0,417		-1,065	0,232
SG breit ohne NiHe	SG breit mit NiHe	0,208		-0,440	0,857

\* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

## Versuche zur N-Effizienz flüssiger Gärreste im Systemvergleich (DGG 13-05)

### Silomais

#### Vergleich „JAHRE“

Tabelle 16: Mittlere Erträge [t TM/ha] und Rohproteingehalte [% TM]

	Ertrag [t TM/ha]		RP-Gehalt [% TM]
2010	17,7	2010	6,6
2012	20,6	2012	6,5
2013	14,2	2013	7,1
2014	18,8	2014	7,6
2015	12,7	2015	8,0

Tabelle 17: statistische Maßzahlen „Erträge“

Jahr		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
2010	2012	-2,937	***	-4,061	-1,814
	2013	3,516	***	2,543	4,488
	2014	-1,109	***	-2,082	-0,137
	2015	5,044	***	4,071	6,016
2012	2013	6,453	***	5,481	7,426
	2014	1,828	***	0,856	2,801
	2015	7,981	***	7,009	8,954
2013	2014	-4,625	***	-5,419	-3,831
	2015	1,528	***	0,734	2,322
2014	2015	6,153	***	5,359	6,947

\* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 18: statistische Maßzahlen „Rohproteingehalte“

Jahr		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
2010	2012	0,106		-0,398	0,611
	2013	-0,441	***	-0,877	-0,004
	2014	-0,953	***	-1,390	-0,516
	2015	-1,337	***	-1,774	-0,901
2012	2013	-0,547	***	-0,984	-0,110
	2014	-1,059	***	-1,496	-0,623
	2015	-1,444	***	-1,880	-1,007
2013	2014	-0,513	***	-0,869	-0,156
	2015	-0,897	***	-1,253	-0,540
2014	2015	-0,384	***	-0,741	-0,028

\* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

### Vergleich „STANDORT“

Tabelle 19: Mittlere Erträge [t TM/ha] und Rohproteingehalte [% TM]

	Ertrag [t TM/ha]		RP-Gehalt [% TM]
Oberrhein	16,5	Oberrhein	7,2
Hohenlohe	17,5	Hohenlohe	7,0
Ostalb	14,4	Ostalb	7,8

Tabelle 20: statistische Maßzahlen „Erträge“

Standort		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
Oberrhein	Hohenlohe	-0,959	***	-1,542	-0,376
	Ostalb	2,103	***	1,520	2,686
Hohenlohe	Ostalb	3,063	***	2,389	3,736

\* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 21: statistische Maßzahlen „Rohproteingehalte“

Standort		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
Oberrhein	Hohenlohe	0,253		-0,009	0,515
	Ostalb	-0,594	***	-0,856	-0,332
Hohenlohe	Ostalb	-0,847	***	-1,149	-0,545

\* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

### Vergleich „Düngung“

Tabelle 22: Mittlere Erträge [t TM/ha] und Rohproteingehalte [% TM]

	Ertrag [t TM/ha]		RP-Gehalt [% TM]
ohne N	15,0	ohne N	6,7
mineralisch N	16,2	mineralisch N	7,7
GR (60%) breit mit NiHe	16,5	GR (60%) breit mit NiHe	7,4
GR (70%) UF mit NiHe	17,1	GR (70%) UF mit NiHe	7,4

Tabelle 23: statistische Maßzahlen „Erträge“

Düngung		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	mineralisch N	-1,262	***	-2,007	-0,518
	GR (60%) breit mit NiHe	-1,556	***	-2,301	-0,812
	GR (70%) UF mit NiHe	-2,15	***	-2,894	-1,406
mineralisch N	GR (60%) breit mit NiHe	-0,294		-1,038	0,451
	GR (70%) UF mit NiHe	-0,887	***	-1,632	-0,143
GR (60%) breit mit NiHe	GR (70%) UF mit NiHe	-0,594		-1,338	0,151

\* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 24: statistische Maßzahlen „Rohproteingehalte“

Düngung		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	mineralisch N	-1,022	***	-1,356	-0,688
	GR (60%) breit mit NiHe	-0,694	***	-1,028	-0,359
	GR (70%) UF mit NiHe	-0,737	***	-1,072	-0,403
mineralisch N	GR (60%) breit mit NiHe	0,328		-0,006	0,662
	GR (70%) UF mit NiHe	0,284		-0,050	0,619
GR (60%) breit mit NiHe	GR (70%) UF mit NiHe	-0,044		-0,378	0,291

\* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

## Körnermais

### Vergleich „JAHRE“

Tabelle 25: Mittlere Erträge [t TM/ha] und Rohproteingehalte [% TM]

	Ertrag [t TM/ha]		RP-Gehalt [% TM]
2010	10,2	2010	7,6
2011	13,3	2012	8,2
2012	9,9	2013	9,5
2013	10,6	2014	8,9
2014	12,4	2015	9,2

Tabelle 26: statistische Maßzahlen „Erträge“

Jahr		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
2010	2011	-3,044	***	-3,660	-2,427
	2012	0,344		-0,273	0,960
	2013	-0,356		-0,973	0,260
	2014	-2,187	***	-2,804	-1,571
2011	2012	3,388	***	2,771	4,004
	2013	2,688	***	2,071	3,304
	2014	0,856	***	0,240	1,473
2012	2013	-0,700	***	-1,317	-0,083
	2014	-2,531	***	-3,148	-1,915
2013	2014	-1,831	***	-2,448	-1,215

\* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 27: statistische Maßzahlen „Rohproteingehalte“

Jahr		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
2010	2011	-0,656	***	-1,227	-0,086
	2012	-1,925	***	-2,496	-1,354
	2013	-1,394	***	-1,964	-0,823
	2014	-1,613	***	-2,183	-1,042
2011	2012	-1,269	***	-1,839	-0,698
	2013	-0,737	***	-1,308	-0,167
	2014	-0,956	***	-1,527	-0,386
2012	2013	0,531		-0,039	1,102
	2014	0,312		-0,258	0,883
2013	2014	-0,219		-0,789	0,352

\* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

### Vergleich „STANDORT“

Nicht relevant, da Körnermaisversuche nur im „Oberrheingebiet“ durchgeführt wurden.

### Vergleich „Düngung“

Tabelle 28: Mittlere Erträge [t TM/ha] und Rohproteingehalte [% TM]

	Ertrag [t TM/ha]		RP-Gehalt [% TM]
ohne N	10,1	ohne N	7,8
mineralisch N	11,7	mineralisch N	9,2
GR (60%) breit mit NiHe	12,0	GR (60%) breit mit NiHe	8,6
GR (70%) UF mit NiHe	11,3	GR (70%) UF mit NiHe	9,1

Tabelle 29: statistische Maßzahlen „Erträge“

Düngung		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	mineralisch N	-1,570	***	-2,086	-1,054
	GR (60%) breit mit NiHe	-1,855	***	-2,371	-1,339
	GR (70%) UF mit NiHe	-1,115	***	-1,631	-0,599
mineralisch N	GR (60%) breit mit NiHe	-0,285		-0,801	0,231
	GR (70%) UF mit NiHe	0,455		-0,061	0,971
GR (60%) breit mit NiHe	GR (70%) UF mit NiHe	0,740	***	0,224	1,256

\* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 30: statistische Maßzahlen „Rohproteingehalte“

Düngung		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	mineralisch N	-1,410	***	-1,888	-0,932
	GR (60%) breit mit NiHe	-0,860	***	-1,338	-0,382
	GR (70%) UF mit NiHe	-1,300	***	-1,778	-0,822
mineralisch N	GR (60%) breit mit NiHe	0,550	***	0,072	1,028
	GR (70%) UF mit NiHe	0,110		-0,368	0,588
GR (60%) breit mit NiHe	GR (70%) UF mit NiHe	-0,440		-0,918	0,038

\* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

## Versuche zur N-Effizienz fester Gärreste mit Silomais (DGG 12-03)

### Vergleich „JAHRE“

Tabelle 31: Mittlere Erträge [t TM/ha] und Rohproteingehalte [% TM]

	Ertrag [t TM/ha]		RP-Gehalt [% TM]
2012	20,8	2012	6,7
2013	16,8	2013	6,4
2014	18,8	2014	7,7
2015	12,9	2015	8,2

Tabelle 32: statistische Maßzahlen „Erträge“

Jahr		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
2012	2013	4,015	***	2,810	5,220
	2014	2,042	***	0,896	3,187
	2015	7,937	***	6,792	9,082
2013	2014	-1,973	***	-3,098	-0,849
	2015	3,922	***	2,797	5,046
2014	2015	5,895	***	4,835	6,956

\* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 33: statistische Maßzahlen „Rohproteingehalte“

Jahr		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
2012	2013	0,270		-0,012	0,552
	2014	-1,006	***	-1,274	-0,738
	2015	-1,531	***	-1,799	-1,263
2013	2014	-1,277	***	-1,540	-1,013
	2015	-1,802	***	-2,065	-1,538
2014	2015	-0,525	***	-0,773	-0,277

\* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

### Vergleich „STANDORT“

Tabelle 34: Mittlere Erträge [t TM/ha] und Rohproteingehalte [% TM]

	Ertrag [t TM/ha]		RP-Gehalt [% TM]
Oberrhein	17,1	Oberrhein	7,1
Ostalb	17,2	Ostalb	7,9

Tabelle 35: statistische Maßzahlen „Erträge“

Standort		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
Oberrhein	Ostalb	-0,092		-0,702	0,517

\* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 36: statistische Maßzahlen „Rohproteingehalte“

Standort		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
Oberrhein	Ostalb	-0,781	***	-0,924	-0,638

\* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

**Vergleich „DÜNGUNG“****Tabelle 37: Mittlere Erträge [t TM/ha] und Rohproteingehalte [% TM]**

	<b>Ertrag</b>		<b>RP-Gehalt</b>
	<b>[t TM/ha]</b>		<b>[% TM]</b>
ohne N - N0	16,6	ohne N - N0	6,8
mineralisch N - N1	15,8	mineralisch N - N1	7,8
mineralisch N - N2	17,2	mineralisch N - N2	7,6
mineralisch N - N3	17,1	mineralisch N - N3	7,3
GR fest - N0	16,1	GR fest - N0	7,4
GR fest - N1	17,6	GR fest - N1	7,4
GR fest - N2	18,0	GR fest - N2	7,7
GR fest - N3	18,2	GR fest - N3	7,6

Tabelle 38: statistische Maßzahlen „Erträge“

Düngung		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	mineralisch N - N1	0,821		-1,235	2,878
	mineralisch N - N2	-0,562		-2,399	1,274
	mineralisch N - N3	-0,475		-2,311	1,361
	GR fest - N0	0,544		-1,449	2,537
	GR fest - N1	-1,043		-2,914	0,828
	GR fest - N2	-1,420		-3,256	0,417
	GR fest - N3	-1,614		-3,451	0,222
mineralisch N - N1	mineralisch N - N2	-1,384		-3,440	0,672
	mineralisch N - N3	-1,296		-3,353	0,760
	GR fest - N0	-0,278		-2,475	1,920
	GR fest - N1	-1,864		-3,952	0,223
	GR fest - N2	-2,241	***	-4,297	-0,185
	GR fest - N3	-2,436	***	-4,492	-0,380
mineralisch N - N2	mineralisch N - N3	0,087		-1,749	1,924
	GR fest - N0	1,106		-0,887	3,100
	GR fest - N1	-0,480		-2,352	1,391
	GR fest - N2	-0,857		-2,693	0,979
	GR fest - N3	-1,052		-2,888	0,784
mineralisch N - N3	GR fest - N0	1,019		-0,974	3,012
	GR fest - N1	-0,568		-2,439	1,303
	GR fest - N2	-0,945		-2,781	0,892
	GR fest - N3	-1,139		-2,976	0,697
GR fest - N0	GR fest - N1	-1,587		-3,612	0,439
	GR fest - N2	-1,964		-3,957	0,030
	GR fest - N3	-2,158	***	-4,152	-0,165
GR fest - N1	GR fest - N2	-0,377		-2,248	1,494
	GR fest - N3	-0,571		-2,443	1,300
GR fest - N2	GR fest - N3	-0,195		-2,031	1,642

\* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 39: statistische Maßzahlen „Rohproteingehalte“

Düngung		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	mineralisch N - N1	-1,013	***	-1,494	-0,532
	mineralisch N - N2	-0,789	***	-1,219	-0,360
	mineralisch N - N3	-0,505	***	-0,935	-0,076
	GR fest - N0	-0,558	***	-1,024	-0,091
	GR fest - N1	-0,621	***	-1,059	-0,184
	GR fest - N2	-0,85	***	-1,280	-0,420
	GR fest - N3	-0,807	***	-1,237	-0,377
mineralisch N - N1	mineralisch N - N2	0,224		-0,258	0,705
	mineralisch N - N3	0,507	***	0,026	0,989
	GR fest - N0	0,455		-0,059	0,969
	GR fest - N1	0,391		-0,097	0,880
	GR fest - N2	0,163		-0,318	0,644
	GR fest - N3	0,206		-0,275	0,687
mineralisch N - N2	mineralisch N - N3	0,284		-0,146	0,714
	GR fest - N0	0,231		-0,235	0,698
	GR fest - N1	0,168		-0,270	0,606
	GR fest - N2	-0,061		-0,490	0,369
	GR fest - N3	-0,018		-0,448	0,412
mineralisch N - N3	GR fest - N0	-0,052		-0,519	0,414
	GR fest - N1	-0,116		-0,554	0,322
	GR fest - N2	-0,345		-0,774	0,085
	GR fest - N3	-0,302		-0,731	0,128
GR fest - N0	GR fest - N1	-0,064		-0,538	0,410
	GR fest - N2	-0,292		-0,759	0,174
	GR fest - N3	-0,249		-0,716	0,217
GR fest - N1	GR fest - N2	-0,229		-0,666	0,209
	GR fest - N3	-0,186		-0,624	0,252
GR fest - N2	GR fest - N3	0,043		-0,387	0,473

\* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

## Versuche zur P-Wirkung flüssiger Gärreste im Systemvergleich

(DGG 13-05 und DGG 14-01)

### Vergleich „JAHRE“

Tabelle 40: Mittlere Erträge [t TM/ha] und Rohproteingehalte [% TM]

	Ertrag [t TM/ha]		P-Abfuhr [kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha]
2012	20,8	2012	99
2013	14,4	2013	68
2014	17,1	2014	76
2015	12,7	2015	53

Tabelle 41: statistische Maßzahlen „Erträge“

Jahr		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
2012	2013	6,444	***	5,688	7,200
	2014	3,700	***	2,943	4,456
	2015	8,087	***	7,331	8,843
2013	2014	-2,745	***	-3,501	-1,988
	2015	1,643	***	0,887	2,399
2014	2015	4,387	***	3,631	5,144

\* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

### Vergleich „DÜNGUNG“

Tabelle 42: Mittlere Erträge [t TM/ha] und Rohproteingehalte [% TM]

	Ertrag [t TM/ha]		P-Abfuhr [kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha]
ohne N	15,1	ohne N	69
ohne N + P-UF	15,9	ohne N + P-UF	73
mineralisch N	16,4	mineralisch N	71
mineralisch N + P-UF	17,6	mineralisch N + P-UF	78
GR breit	15,7	GR breit	74
GR breit + P-UF	16,3	GR breit + P-UF	76
GR UF	16,6	GR UF	77
GR UF + P-UF	16,4	GR UF + P-UF	73

Tabelle 43: statistische Maßzahlen „Erträge“

Düngung		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	ohne N + P-UF	-0,857		-2,133	0,419
	mineralisch N	-1,318	***	-2,594	-0,042
	mineralisch N + P-UF	-2,588	***	-3,864	-1,312
	GR breit	-0,644		-1,920	0,632
	GR breit + P-UF	-1,291	***	-2,567	-0,015
	GR UF	-1,544	***	-2,820	-0,268
	GR UF + P-UF	-1,313	***	-2,589	-0,037
ohne N + P-UF	mineralisch N	-0,461		-1,737	0,815
	mineralisch N + P-UF	-1,731	***	-3,007	-0,455
	GR breit	0,214		-1,062	1,490
	GR breit + P-UF	-0,434		-1,710	0,842
	GR UF	-0,687		-1,963	0,589
	GR UF + P-UF	-0,455		-1,731	0,821
mineralisch N	mineralisch N + P-UF	-1,270		-2,546	0,006
	GR breit	0,675		-0,601	1,951
	GR breit + P-UF	0,027		-1,249	1,303
	GR UF	-0,226		-1,502	1,050
	GR UF + P-UF	0,006		-1,270	1,282
mineralisch N + P-UF	GR breit	1,945	***	0,669	3,221
	GR breit + P-UF	1,297	***	0,021	2,573
	GR UF	1,044		-0,232	2,320
	GR UF + P-UF	1,276		0,000	2,552
GR breit	GR breit + P-UF	-0,648		-1,924	0,628
	GR UF	-0,900		-2,176	0,376
	GR UF + P-UF	-0,669		-1,945	0,607
GR breit + P-UF	GR UF	-0,253		-1,529	1,023
	GR UF + P-UF	-0,021		-1,297	1,255
GR UF	GR UF + P-UF	0,231		-1,045	1,507

\* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

## Versuche zur N-Wirkung mineralischer N-Dünger im Systemvergleich (DGG 13-02)

### Silomais

#### Vergleich „JAHRE“

Tabelle 44: Mittlere Erträge [t TM/ha] und Rohproteingehalte [% TM]

	Ertrag [t TM/ha]		RP-Gehalt [% TM]
2013	13,3	2013	6,5
2014	20,2	2014	8,0
2015	13,4	2015	7,4

Tabelle 45: statistische Maßzahlen „Erträge“

Jahr		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
2013	2014	-6,861	***	-7,691	-6,031
	2015	-0,116		-0,946	0,714
2014	2015	6,745	***	5,962	7,528

\* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 46: statistische Maßzahlen „Rohproteingehalte“

Jahr		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
2013	2014	-1,550	***	-2,117	-0,983
	2015	-0,940	***	-1,507	-0,373
2014	2015	0,610	***	0,075	1,145

\* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

#### Vergleich „DÜNGUNG“

Tabelle 47: Mittlere Erträge [t TM/ha] und Rohproteingehalte [% TM]

	Ertrag [t TM/ha]		RP-Gehalt [% TM]
ohne N	15,0	ohne N	6,5
Alzon 46 breit - N1	14,4	Alzon 46 breit - N1	7,3
Alzon 46 breit - N2	15,3	Alzon 46 breit - N2	7,5
Alzon 46 Depot - N1	18,1	Alzon 46 Depot - N1	8,1
Alzon 46 Depot - N2	17,0	Alzon 46 Depot - N2	7,7

Tabelle 48: statistische Maßzahlen „Erträge“

Düngung		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	Alzon 46 breit - N1	0,542		-0,660	1,744
	Alzon 46 breit - N2	-0,342		-1,544	0,860
	Alzon 46 Depot - N1	-3,146	***	-4,490	-1,802
	Alzon 46 Depot - N2	-2,042	***	-3,244	-0,840
Alzon 46 breit - N1	Alzon 46 breit - N2	-0,883		-2,085	0,319
	Alzon 46 Depot - N1	-3,688	***	-5,031	-2,344
	Alzon 46 Depot - N2	-2,583	***	-3,785	-1,381
Alzon 46 breit - N2	Alzon 46 Depot - N1	-2,804	***	-4,148	-1,460
	Alzon 46 Depot - N2	-1,700	***	-2,902	-0,498
Alzon 46 Depot - N1	Alzon 46 Depot - N2	1,104		-0,240	2,448

\* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 49: statistische Maßzahlen „Rohproteingehalte“

Düngung		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	Alzon 46 breit - N1	-0,867	***	-1,688	-0,046
	Alzon 46 breit - N2	-1,058	***	-1,879	-0,237
	Alzon 46 Depot - N1	-1,621	***	-2,539	-0,703
	Alzon 46 Depot - N2	-1,183	***	-2,004	-0,362
Alzon 46 breit - N1	Alzon 46 breit - N2	-0,192		-1,013	0,629
	Alzon 46 Depot - N1	-0,754		-1,672	0,164
	Alzon 46 Depot - N2	-0,317		-1,138	0,504
Alzon 46 breit - N2	Alzon 46 Depot - N1	-0,563		-1,481	0,356
	Alzon 46 Depot - N2	-0,125		-0,946	0,696
Alzon 46 Depot - N1	Alzon 46 Depot - N2	0,437		-0,481	1,356

\* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

## Körnermais

### Vergleich „JAHRE“

Tabelle 50: Mittlere Erträge [t TM/ha] und Rohproteingehalte [% TM]

	Ertrag [t TM/ha]		RP-Gehalt [% TM]
2013	9,7	2013	8,7
2014	12,4	2014	9,3

Tabelle 51: statistische Maßzahlen „Erträge“

Jahr	mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz		
			Untergrenze	Obergrenze	
2013	2014	-2,689	***	-3,249	-2,128

\* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 52: statistische Maßzahlen „Rohproteingehalte“

Jahr	mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz		
			Untergrenze	Obergrenze	
2013	2014	-0,541	***	-0,844	-0,238

\* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

### Vergleich „DÜNGUNG“

Tabelle 53: Mittlere Erträge [t TM/ha] und Rohproteingehalte [% TM]

	Ertrag [t TM/ha]		RP-Gehalt [% TM]
ohne N	10,1	ohne N	8,4
Alzon 46 breit - N1	10,4	Alzon 46 breit - N1	9,0
Alzon 46 breit - N2	10,9	Alzon 46 breit - N2	8,9
Alzon 46 Depot - N1	13,2	Alzon 46 Depot - N1	9,3
Alzon 46 Depot - N2	12,4	Alzon 46 Depot - N2	9,9

Tabelle 54: statistische Maßzahlen „Erträge“

Düngung		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	Alzon 46 breit - N1	-0,325		-1,576	0,926
	Alzon 46 breit - N2	-0,838		-2,088	0,413
	Alzon 46 Depot - N1	-3,175	***	-4,707	-1,643
	Alzon 46 Depot - N2	-2,312	***	-3,563	-1,062
Alzon 46 breit - N1	Alzon 46 breit - N2	-0,513		-1,763	0,738
	Alzon 46 Depot - N1	-2,850	***	-4,382	-1,318
	Alzon 46 Depot - N2	-1,987	***	-3,238	-0,737
Alzon 46 breit - N2	Alzon 46 Depot - N1	-2,337	***	-3,870	-0,805
	Alzon 46 Depot - N2	-1,475	***	-2,726	-0,224
Alzon 46 Depot - N1	Alzon 46 Depot - N2	0,863		-0,670	2,395

\* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 55: statistische Maßzahlen „Rohproteingehalte“

Düngung		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	Alzon 46 breit - N1	-0,600		-1,276	0,076
	Alzon 46 breit - N2	-0,487		-1,164	0,189
	Alzon 46 Depot - N1	-0,875	***	-1,703	-0,047
	Alzon 46 Depot - N2	-1,487	***	-2,164	-0,811
Alzon 46 breit - N1	Alzon 46 breit - N2	0,113		-0,564	0,789
	Alzon 46 Depot - N1	-0,275		-1,103	0,553
	Alzon 46 Depot - N2	-0,887	***	-1,564	-0,211
Alzon 46 breit - N2	Alzon 46 Depot - N1	-0,388		-1,216	0,441
	Alzon 46 Depot - N2	-1,000	***	-1,676	-0,324
Alzon 46 Depot - N1	Alzon 46 Depot - N2	-0,612		-1,441	0,216

\* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

## IMPRESSUM

Herausgeber:  
 Landwirtschaftliches Technologiezentrum  
 Augustenberg (LTZ)  
 Neßlerstr. 23-31  
 76227 Karlsruhe

Bearbeitung und Redaktion:  
 LTZ Augustenberg  
 Dr. Markus Mokry  
 Referat 12: SG Pflanzenernährung

Tel.: 0721 / 9468-0  
 Fax: 0721 / 9468-209

eMail: [poststelle@ltz.bwl.de](mailto:poststelle@ltz.bwl.de)  
 Internet: [www.ltz-augustenberg.de](http://www.ltz-augustenberg.de)

Stand: Januar 2017