

V 11-02

# N-Effizienzversuch mit Schweinegülle zu Wintergerste

 Abschlussbericht (2010/11 bis 2013/2014)



## Fragestellung

- Ist eine N-Gabe im Herbst in Form von Schweinegülle zu Wintergerste ökonomisch und ökologisch vertretbar?
- Ist eine Düngung mit Schweinegülle im zeitigen Frühjahr - evtl. in Kombination mit mineralischem Stickstoff - einer Herbstgabe vorzuziehen?
- Wie sind in beiden Systemen Ammonium-Stabilisatoren zu bewerten?

## Einleitung

Intensive Tierhaltung – insbesondere Schweinehaltung – und zunehmende Biogasproduktion bedingen einen steigenden Anfall an organischen Düngern, die wiederum einen hohen Nährstoffrückfluss auf die landwirtschaftlichen Flächen erfordern. Dies kann – bei unsachgemäßer Anwendung dieser Wirtschaftsdünger – einerseits zu einer Belastung des Grundwassers mit Nitrat, andererseits aber auch zur Eutrophierung von Oberflächengewässern mit Stickstoff, aber auch mit Phosphat führen. Besonders kritisch wird hierbei die Ausbringung der pflanzenbaulich richtigen Menge an flüssigen Wirtschaftsdüngern im Herbst beispielsweise zu Wintergerste gesehen. Daher war ein Ziel dieser Versuchsreihe, die in der Praxis durchaus übliche Herbstdüngung von Wintergerste mit flüssigen Wirtschaftsdüngern entweder vor der Saat mit zeitnaher Einarbeitung oder im Nachauflaufverfahren (!) der Kultur zu überprüfen.

Eine Herbstdüngung mit flüssigen Wirtschaftsdüngern kann durchaus pflanzenbaulich sinnvoll sein, jedoch sollte diese nicht unter dem Zwang zu knapp bemessener Lagerkapazitäten erfolgen. Dies ist auch unter den Vorgaben der aktuellen, aber insbesondere künftigen Düngeverordnung zu sehen. Daher wurden im Versuch maximal die zulässigen N-Mengen – 80 kg Gesamt-N/ha oder 40 kg Ammonium- N/ha – gedüngt. Da es sich hierbei um Höchstmengen handelt, kann es ökonomisch und ökologisch notwendig sein, die tatsächlich auszubringende N-Menge im Herbst bedarfsabhängig niedriger zu veranschlagen.

## Versuchsdurchführung

Bei vorliegendem Feldversuch handelt es sich um eine randomisierte Blockanlage mit Großparzellen, die auf jährlich wechselnden Praxisflächen mit 4-facher Wiederholung angelegt wurde. Der Versuchsplan (Düngungstermine, N-Form) sowie die N-Düngung (im Mittel der Versuchsjahre) sind der Tabelle 1 und Tabelle 2 zu entnehmen.

Im Falle der Varianten mit Schweinegülle (SG) wurden analog zur Düngeverordnung (DüV) als anrechenbarer bzw. löslicher Stickstoff 60 % des Gesamt-N berücksichtigt. Um mit einer Überfahrt im zeitigen Frühjahr zu den Varianten 5 und 6 den gesamten N-Bedarf ausbringen zu können, wurden die entsprechenden N-Fehlmengen in Form von Ammoniumnitrat-Harnstoff-Lösung (= AHL) bzw. schwefelsaurem Ammoniak (= ssA) kurz vor der Ausbringung der Schweinegülle zugemischt. Dies hatte zur Folge, dass der  $\text{NH}_4$ -N-Gehalt der Schweinegülle um etwa 60 % bis 70 % erhöht wurde.

Die bei der 2. Frühjahrsgabe in Form von KAS (= Kalkammonsalpeter) ausgebrachten N-Mengen variierten im Verlauf der Versuchsreihe geringfügig in Abhängigkeit vom  $N_{\min}$ -Angebot der jeweiligen Variante zu Vegetationsbeginn. Daher bewegte sich die N-Düngermenge zwischen 120 und 140 kg/ha (Tabelle 2).

Das N-Niveau der Variante 2 „ohne Herbstdüngung“ war in allen Versuchsjahren um ca. 20 kg/ha niedriger, da bei den Versuchsgliedern mit einer Herbstdüngung bei der Ermittlung des N- Düngebedarfs im Frühjahr die Herbstgabe zu 50 % berücksichtigt wurde und folglich die gesamte N-Gabe um diesen Betrag höher war..

Alle weiteren acker- und pflanzenbaulichen Maßnahmen wurden von den jeweiligen Landwirten nach Vorgabe bzw. Rücksprache mit dem Berater vor Ort durchgeführt.

**Tabelle 1: Versuchsplan (2011/12)**

Variante	Herbstdüngung	1. Frühjahrsgabe (EC 25)	2. Frühjahrsgabe (EC 32/35)
1	--	--	--
2	--	KAS	KAS
3	KAS	SG ohne NiHe	KAS
4	KAS	SG mit NiHe	KAS
5	SG ohne NiHe	SG + <b>AHL</b>	--
6	SG mit NiHe	SG + <b>ssA</b>	--
7	SG ohne NiHe	KAS	KAS

\*) NiHe = Nitrifikations-Hemmstoff

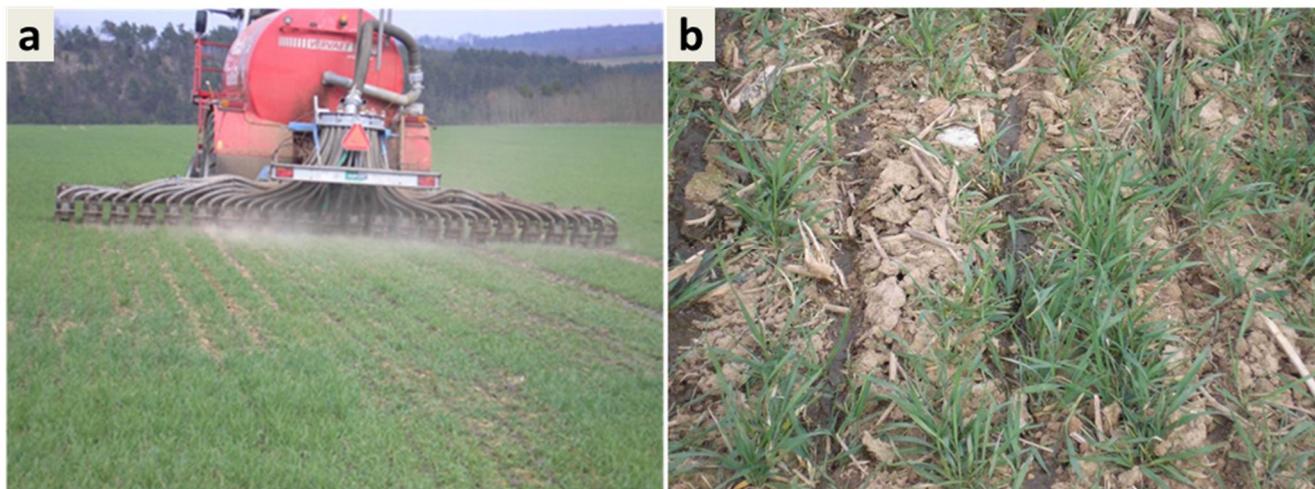
**Tabelle 2: N-Düngung im Mittel der Versuchsjahre (Summe Herbst- und Frühjahrsgabe)**

Variante	N-Düngung [kg/ha ]
1	0
2	121
3	137
4	137
5	139
6	137
7	137

Die Zusammensetzung der in den Versuchen eingesetzten Schweinegülle war in den einzelnen Jahren sehr ähnlich (Tabelle 3). Obwohl die Schweinegülle aus einem Betrieb mit NP-reduziertem Fütterungsverfahren stammte, überraschten die vergleichsweise niedrigen Gesamt-N-, Ammonium-N- und Phosphatgehalte, aber auch die nur etwa halb so hohen Kalium- und Magnesiumwerte im Vergleich zum Datensatz der LTZ.

**Tabelle 3: Kenndaten der Schweinegülle am Beispiel 2010**

Parameter	Dimension	Versuchsgülle	LTZ Datensatz (n = 775)
TS-Gehalt	[% FM]	2,4	4,1
<b>pH</b>		<b>8,0</b>	<b>7,5</b>
Gesamt-N	kg/m <sup>3</sup> bzw. t FM]	1,8	4,4
<b>Ammonium-N</b>		<b>1,4</b>	<b>3,1</b>
Phosphat (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )		1,0	2,3
Kalium (K <sub>2</sub> O)		1,4	2,5
Magnesium (MgO)		0,5	1,0



**Abbildung 1: Ausbringung der Schweinegülle mit Schleppschuhtechnik im Frühjahr (Schuler, 2011).**

Durch den Einsatz einer überbetrieblich vorhandenen sog. Schleppschuhtechnik für wachsende Bestände (Abbildung 1 a und b) sollten die Ammoniakverluste bei der Ausbringung der Schweinegülle möglichst gering gehalten werden. Es war jedoch in jedem Versuchsjahr zu erkennen, dass diese Ausbringtechnik mit einer unerwünschten und für das Pflanzenwachstum nachteiligen Bodenbelastung (tonige, strukturschwache Böden) im Bereich der Fahrspur, sowohl im Herbst wie im Frühjahr, einherging. Ebenso waren in Folge der bis zum Einsickern bzw. Eintrocknen der Gülle offenen Oberfläche des Güllebandes weitere Ammoniakverluste zu erwarten. Das Verfahren ist daher im Hinblick auf den Einsatz in wachsende Getreidebestände als eine Zwischenstufe zwischen einer oberflächlichen Schleppschlauchausbringung und einem Injektionsverfahren mit aktivem Bodenschluss zu beurteilen.

## Ergebnisse

### Kornerträge

Im folgenden Abschnitt werden die Kornerträge sowie die Kornqualitäten (Rohproteingehalte und TKM) der Wintergerste im Mittel der 3 Versuchsjahre sowie im Vergleich der Einzeljahre dargestellt.

**Tabelle 4: Kornerträge [dt TM/ha] im Mittel der Versuchsjahre sowie deren Spannweite (25 % und 95 % Konfidenzintervall)**

Variante	Versuchsdüngung	Kornertrag [dt/ha TM] (86 % FM)		
		Mittel	Untergrenze	Obergrenze
(1)	ohne N	39,6	38,1	41,0
(2)	ohne N / KAS / KAS	70,7	69,3	72,2
(3)	KAS / SG ohne NiHe / KAS	72,3	70,8	73,7
(4)	KAS / SG mit NiHe / KAS	74,6	73,2	76,1
(5)	SG ohne NiHe (vSE) / SG+AHL	70,1	68,6	71,5
(6)	SG mit NiHe (vSE) / SG+ssA	70,5	69,0	71,9
(7)	SG ohne NiHe (nS) / KAS / KAS	73,0	71,6	74,5

Ertragsunterschiede lassen sich hoch signifikant nur für die „Nulldüngung“, mit geringer Signifikanz für die Versuchsglieder 5 und 6 statistisch belegen (Tabelle 4 und Abbildung 2). Beim Vergleich der Systeme mit „vSE“ von Schweinegülle im Herbst (Varianten 5 und 6) ist kein Ertragsunterschied, ob mit oder ohne Nitrifikationshemmstoff (= Ammoniumstabilisierung), erkennbar. Der bei der Vorwinterentwicklung regelmäßig festgestellte Wachstumsvorsprung der Parzellen „SG mit NiHe“ wurde bis zur Kornernte jedoch egalisiert.

Das System „mineralische Herbstgabe mit KAS“ kombiniert mit einer Güllegabe im zeitigen Frühjahr ist dort zu empfehlen, wo ein geringer N-Düngebedarf im Herbst besteht und N-Verluste im Zuge einer Güllegabe im zeitigen Frühjahr minimiert werden sollen, um keinen weiteren Bedarf an mineralischem Stickstoff zu haben (N-Saldo!). Da Betriebe mit Tierhaltung jedoch im Stickstoffbereich häufig Nährstoffüberschüsse ausweisen, wird sich für diese eine mineralische N-Gabe im Herbst in der Regel jedoch verbieten.

Wie bereits erwähnt, hatte der Einsatz der vorhandenen Ausbringtechnik standortbedingt Ertragsdefizite zur Folge, da die Bodenstruktur im Fahrbereich des Trägerfahrzeuges, insbesondere bei den Varianten 5 und 6 mit Überfahrt im Herbst und im Frühjahr, stärker geschädigt wurde. Sollte eine Herbstgabe mit flüssigen organisch-mineralischen Düngern wie Schweinegülle oder Gärresten notwendig und weiterhin möglich sein, ist der Variante einer vor-Saat-Einarbeitung beispielsweise mit einem Güllegrubber der Vorzug zu geben. Auf jeden Fall stellt dann der Einsatz eines Nitrifikationshemmstoffes eine sinnvolle Ergänzung dar.

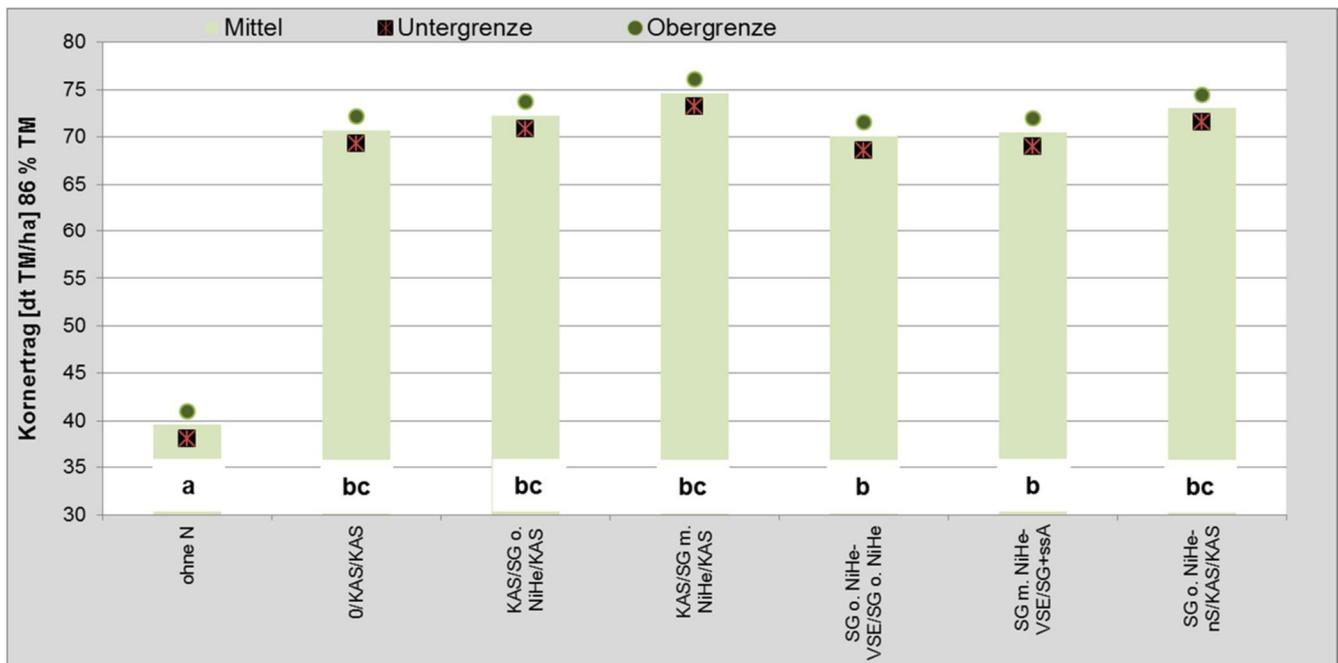


Abbildung 2: Darstellung der mittleren Kornerträge (n = 12) sowie deren Ober- und Untergrenze (25 % und 95 % Konfidenzintervall) im Mittel der Versuchsjahre.

## Kornqualität

Zur Beurteilung der verschiedenen Düngungssysteme im Hinblick auf die Kornqualität werden der Rohprotein-gehalt und die Tausendkornmasse (TKM) herangezogen.

Da Wintergerste im Untersuchungsgebiet hauptsächlich zur Schweinefütterung verwendet wird, ist neben dem Kornertrag besonders der Rohprotein-gehalt von Bedeutung.

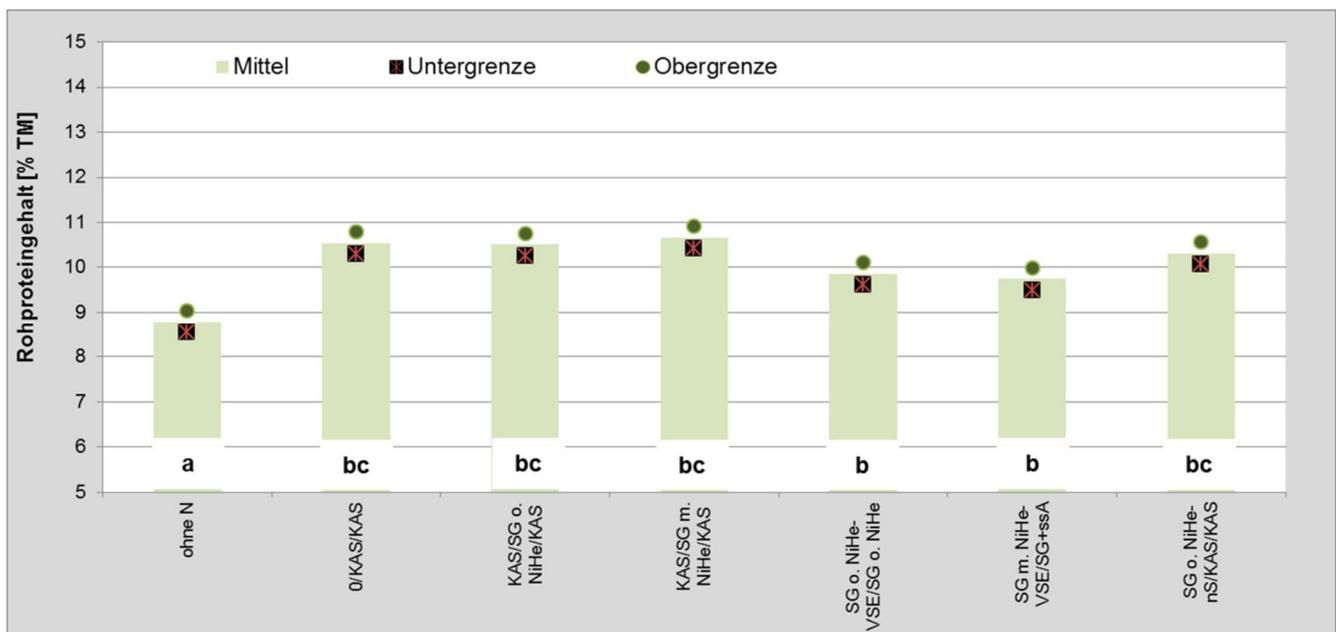
Auch beim Rohprotein-gehalt sind die Varianten mit einmaliger Gülleausbringung – insbesondere im Frühjahr – (Tabelle 5; Abbildung 2, Abbildung 3 im Ergebnis-anhang) im Trend besser einzustufen als die Vergleichs-systeme mit 2 maliger Gülleapplikation. Eine Spätdüngung mit mineralischem Stickstoff führte in allen Fällen zu besseren Rohprotein-gehalten. Folglich würde der mineralische N-Einsatz zu diesem Zeitpunkt ökonomischer und ökologischer investiert sein als im Herbst.

**Tabelle 5: Rohproteingehalte [% TM] im Mittel der Versuchsjahre sowie deren Spannweite (25 % und 95 % Konfidenzintervall)**

Variante	Versuchsdüngung	Rohprotein [% TM]		
		Mittel	Untergrenze	Obergrenze
(1)	ohne N	8,8	8,5	9,0
(2)	ohne N / KAS / KAS	10,5	10,3	10,8
(3)	KAS / SG ohne NiHe / KAS	10,5	10,3	10,8
(4)	KAS / SG mit NiHe / KAS	10,7	10,4	10,9
(5)	SG ohne NiHe (vSE) / SG+AHL	9,9	9,5	10,1
(6)	SG mit NiHe (vSE) / SG+ssA	9,8	9,5	10,0
(7)	SG ohne NiHe (nS) / KAS / KAS	10,3	10,1	10,6

Gegenläufig zum Kornertrag verhalten sich die Rohproteingehalte bei der Betrachtung der Einzeljahre (Abbildung 4). Dies war so zu erwarten, da mit steigenden Kornerträgen (Abbildung 2 im Ergebnisanhang) in Folge eines Verdünnungseffektes die Proteingehalte physiologisch meist rückläufig sind.

Die Proteinерträge je Hektar (Abbildung 4 im Ergebnisanhang) werden jedoch deutlicher vom jeweiligen Kornertrag und somit von den Standorteigenschaften – insbesondere dem Witterungsverlauf – geprägt. Hieraus ist abzuleiten, dass neben einem sortentypischen Rohproteingehalt der Standort als Funktion von Boden und Witterung das entscheidende Kriterium bei der Beurteilung und Umsetzung alternativer Düngungstechniken und -systeme ist.



**Abbildung 3: Darstellung der mittleren Rohproteingehalte (n = 12) sowie deren Ober- und Untergrenze (25 % und 95 % Konfidenzintervall) im Mittel der Versuchsjahre.**

Die Auswertung der Tausendkornmassen (TKM) ergab keine Unterschiede zwischen den Varianten mit einer Qualitätsgabe; die TKM lag in diesen Fällen zwischen 58 g und 59 g/1000 Körner. Ohne N- Düngung sowie ohne eine Spätdüngung (Variante 5 und 6) betrug die TKM ca. 56 g/1000 Körner.

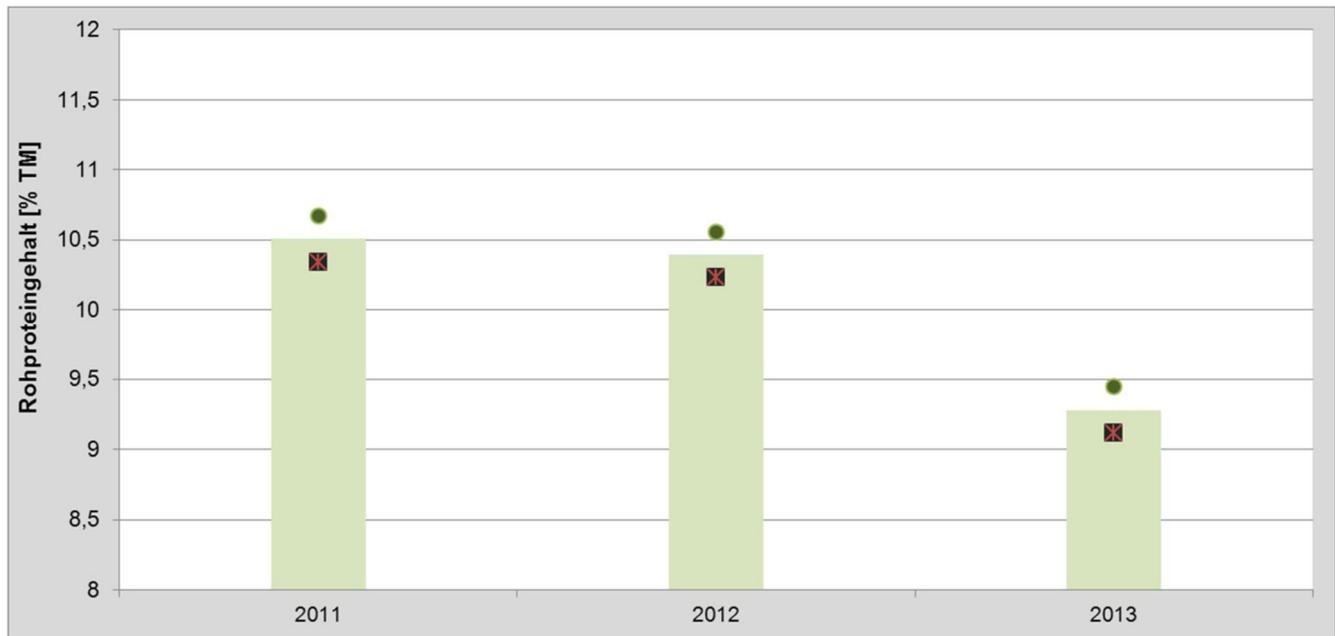


Abbildung 4: Darstellung der mittleren Rohproteingehalte (n = 28) sowie deren Ober- und Untergrenze (25 % und 95 % Konfidenzintervall) im Mittel der Düngungssysteme

## N-Dynamik

Im folgenden Abschnitt werden die Kenndaten der N-Dynamik der geprüften Düngungssysteme über den Versuchszeitraum dargestellt.

Die N-Düngung der Varianten mit Herbstdüngung (Variante 3 bis 7) variierte in den Einzeljahren nur geringfügig (Tabelle 2). Die Ergebnisse der Variante 2 „ohne Herbstgabe“ ausschließlich im Frühjahr mit im Mittel 121 kg N/ha als KAS gedüngt bestätigen die bekannte Wirkung einer mineralischen N-Düngung auch in diesen Versuchen. Ökonomisch muss daher der Verzicht auf eine Herbstgabe keinen Nachteil haben (Einzeljahre ausgenommen), ökologisch stellt diese Variante jedoch das beste System dar, da die im Frühjahr ausgebrachte N-Menge optimal verwertet wird und die Rest-N-Frachten dann entsprechend sehr niedrig sind (Tabelle 7 und Tabelle 8).

Zu beachten ist jedoch langfristig die Entwicklung der Nettomineralisation (Tabelle 9, Abbildung 7 im Ergebnisanhang), die Hinweise darauf gibt, ob ein System N-Vorräte in Form von Humus – möglichst Dauerhumus - im Boden auf- (positive Werte) oder abbaut (negative Werte). Es ist daher im Rahmen der Fruchtfolge darauf zu achten, dass mögliche N-Defizite ausgeglichen werden, um den Humushaushalt nicht übermäßig zu belasten. Für viehhaltende oder Biogas produzierende Betrieben ist diese Forderung weniger relevant, da der im Betriebskreislauf vorhandene Stickstoff möglichst verlustarm für die Pflanzenproduktion eingesetzt werden muss.

Die verschiedenen Kenngrößen der N-Dynamik bestätigen aber auch in diesem Versuch die bislang nur unbefriedigend gelöste Problematik einer betonten organisch-mineralischen Düngung. Die N-Abfuhr über die Ernteprodukte (Tabelle 6) und folglich der aus N-Düngung und N-Abfuhr errechnete N-Saldo (Tabelle 7) zeigen sehr geringe Unterschiede zwischen den Düngungssystemen mit organisch-mineralischer Düngung, aber um bis zu 100 % höhere N-Salden im Vergleich zur mineralisch gedüngten Variante 2. Auch in diesem Zusammenhang muss erwähnt werden, dass in Folge der beschriebenen Beeinträchtigung der Bodenstruktur im Falle der Varianten 5 und 6 in der Konsequenz auch die N- Dynamik maßgeblich davon beeinflusst wurde.

Tabelle 6: N-Abfuhr mit den Ernteprodukten im Mittel der Versuchsjahre

Variante	Versuchsdüngung	N-Abfuhr [kg/ha]
(1)	ohne N	48
(2)	ohne N / KAS / KAS	101
(3)	KAS / SG ohne NiHe / KAS	104
(4)	KAS / SG mit NiHe / KAS	109
(5)	SG ohne NiHe (vSE) / SG+AHL	95
(6)	SG mit NiHe (vSE) / SG+ssA	95
(7)	SG ohne NiHe (nS) / KAS / KAS	102

Die ermittelte (Netto-) N-Effizienz (Tabelle 8) der Variante 2 - ausschließlich mineralische N-Düngung ohne Herbstgabe - war erwartungsgemäß mit etwa 80 % am höchsten, die der Versuchsglieder mit 2 maliger Gülleausbringung jeweils im Herbst und im Frühjahr (Variante 5 und 6) mit 54 % am niedrigsten.

Tabelle 7: N-Saldo (N-Düngung minus N-Abfuhr) im Mittel der Versuchsjahre

Variante	Versuchsdüngung	N-Saldo [kg/ha]
(1)	ohne N	-48
(2)	ohne N / KAS / KAS	20
(3)	KAS / SG ohne NiHe / KAS	33
(4)	KAS / SG mit NiHe / KAS	28
(5)	SG ohne NiHe (vSE) / SG+AHL	44
(6)	SG mit NiHe (vSE) / SG+ssA	43
(7)	SG ohne NiHe (nS) / KAS / KAS	35

Bei verhältnismäßig niedrigen  $N_{\min}$ -Werten (Tabelle 10 und Abbildung 8 im Ergebnisanhang) trotz organischer Düngung sowie vergleichsweise hohen Raten der Nettomineralisation von ca. 80 kg N/ha und Jahr (Tabelle 9) ist davon auszugehen, dass ein Teil des insbesondere im Herbst mit Schweinegülle ausgebrachten Stickstoffs nicht in Ertrag umgesetzt wurde und teilweise schon während der Vegetationszeit verlagert wurde – zumindest nicht in Ertrag und Qualität umgesetzt wurde.

Tabelle 8: N-Effizienz im Mittel der Versuchsjahre

Variante	Versuchsdüngung	N-Effizienz [% d. N-Düngung]
(2)	ohne N / KAS / KAS	78
(3)	KAS / SG ohne NiHe / KAS	58
(4)	KAS / SG mit NiHe / KAS	63
(5)	SG ohne NiHe (vSE) / SG+AHL	54
(6)	SG mit NiHe (vSE) / SG+ssA	54
(7)	SG ohne NiHe (nS) / KAS / KAS	58

Dies lässt sich an Hand der  $N_{\min}$ -Werte (Abbildung 8 im Ergebnisanhang) der Versuchsjahre 2011 und 2012 im Zeitraum November bis Februar des jeweiligen Untersuchungszeitraumes ableiten. In allen Versuchsjahren und zu allen untersuchten Terminen waren die  $N_{\min}$ -Werte der Kontrolle „ohne N“ sowie der Variante 2 „mineralische N-Düngung ohne Herbst-N-Gabe“ erwartungsgemäß am niedrigsten. Nach der Ernte wurden auf der Kontrolle „ohne N-Düngung“ geringfügig höhere Rest-Nitratgehalte gemessen, die auf eine schlechtere Ausnutzung des

später im Vegetationsverlauf mineralisierten Stickstoffs in Folge dünnerer Bestände und geringerer Vitalität des Pflanzenbestandes nicht in Kornertrag umgesetzt wurde.

**Tabelle 9: N-Nettomineralisation im Mittel der Versuchsjahre**

Variante	Versuchsdüngung	Nettomineralisation [kg/ha]
(1)	ohne N	-35
(2)	ohne N / KAS / KAS	36
(3)	KAS / SG ohne NiHe / KAS	83
(4)	KAS / SG mit NiHe / KAS	78
(5)	SG ohne NiHe (vSE) / SG+AHL	82
(6)	SG mit NiHe (vSE) / SG+ssA	75
(7)	SG ohne NiHe (nS) / KAS / KAS	76

Eine Ammonium-Stabilisierung (= NiHe) hatte geringe, positive Auswirkungen auf die Nitrat-N-Gehalte insbesondere der Systeme mit 2 maliger Güllegabe (Tabelle 10).

**Tabelle 10:  $N_{\min}$  (0 – 60 cm) im Mittel der Versuchsjahre über alle Termine**

Variante	Versuchsdüngung	$N_{\min}$ (0 - 60 cm) [kg/ha]
(1)	ohne N	26
(2)	ohne N / KAS / KAS	33
(3)	KAS / SG ohne NiHe / KAS	40
(4)	KAS / SG mit NiHe / KAS	39
(5)	SG ohne NiHe (vSE) / SG+AHL	37
(6)	SG mit NiHe (vSE) / SG+ssA	34
(7)	SG ohne NiHe (nS) / KAS / KAS	39

## Fazit

Nach 3 Versuchsjahren auf wechselnden Standorten im Untersuchungsgebiet (Ostalb) kann zur Frage nach der N-Effizienz einer Düngung mit Schweinegülle zu Wintergerste zu verschiedenen Terminen folgendes Fazit gezogen werden:

- Eine Herbstgabe mit Schweinegülle, mit Einschränkung auch mit mineralischem Stickstoff, hatte keine signifikant höheren Kornerträge und folglich Eiweißerträge zur Folge und bietet daher keinen ökonomischen Vorteil.
- Vielmehr zeigte sich, dass sich im System “Herbst- und Frühjahrsgabe mit Schweinegülle“ ein mehrmaliges Befahren der vor Ort häufig vorhandenen strukturschwachen Böden bei kritischen Bodenverhältnissen eher ertragsmindernd als ertragsfördernd auswirkt.
- Die Kennzahlen der N-Dynamik sprechen unter den gegebenen Standortbedingungen für eine Düngung im Frühjahr - besonders beim Einsatz von Schweinegülle -.
- Hieraus kann eine Reduzierung des N-Aufwandes und folglich eine entsprechend bessere N-Effizienz bei deutlich geringerem N-Verlustrisiko resultieren.
- Eine Zugabe von mineralischem Stickstoff zu Schweinegülle ist möglich und dann sinnvoll, wenn der N-Düngebedarf des Pflanzenbestandes im Frühjahr mit einer Überfahrt bei optimalen Bodenbedingungen gedeckt werden kann und hierbei eine verlustreduzierende Applikationstechnik verwendet wird.

- Eine potentiell stärkere Beanspruchung der N-Vorräte bei reduzierter N-Düngung zu Wintergerste kann in den Folgekulturen nachhaltig ausgeglichen werden.
- Die  $N_{\min}$ -Werte wurden deutlicher vom Standort (Bewirtschaftungshistorie, Bodenfruchtbarkeit und Witterung) als von den Düngesystemen - mit Ausnahme der Varianten „ohne N“ und „ohne N-Herbstgabe“ - geprägt.
- Der Einsatz eines Nitrifikationshemmstoffes (oder Ammonium-Stabilisators) zur Schweinegülle im Herbst und besonders im zeitigen Frühjahr ist als sinnvoll zu bewerten, da bei ungünstigen Witterungsbedingungen im Herbst, aber auch in Folge langsamer Frühjahrsentwicklung das Risiko von N-Verlusten in Form von Nitrat-N, aber auch von Lachgas ( $N_2O$ ) verringert werden kann.

# Ergebnisanhang

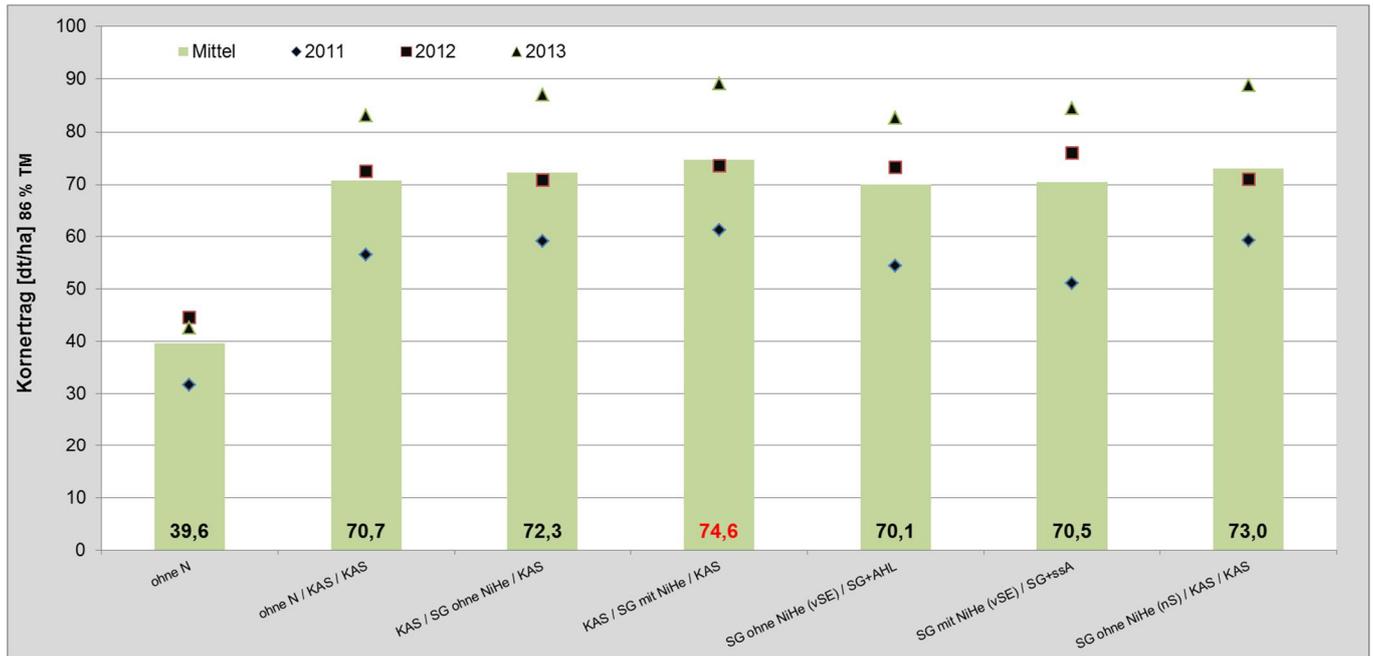


Abbildung 1: Kornertrag [dt/ha 86 % TM] im Mittel der Jahre sowie in den Einzeljahren

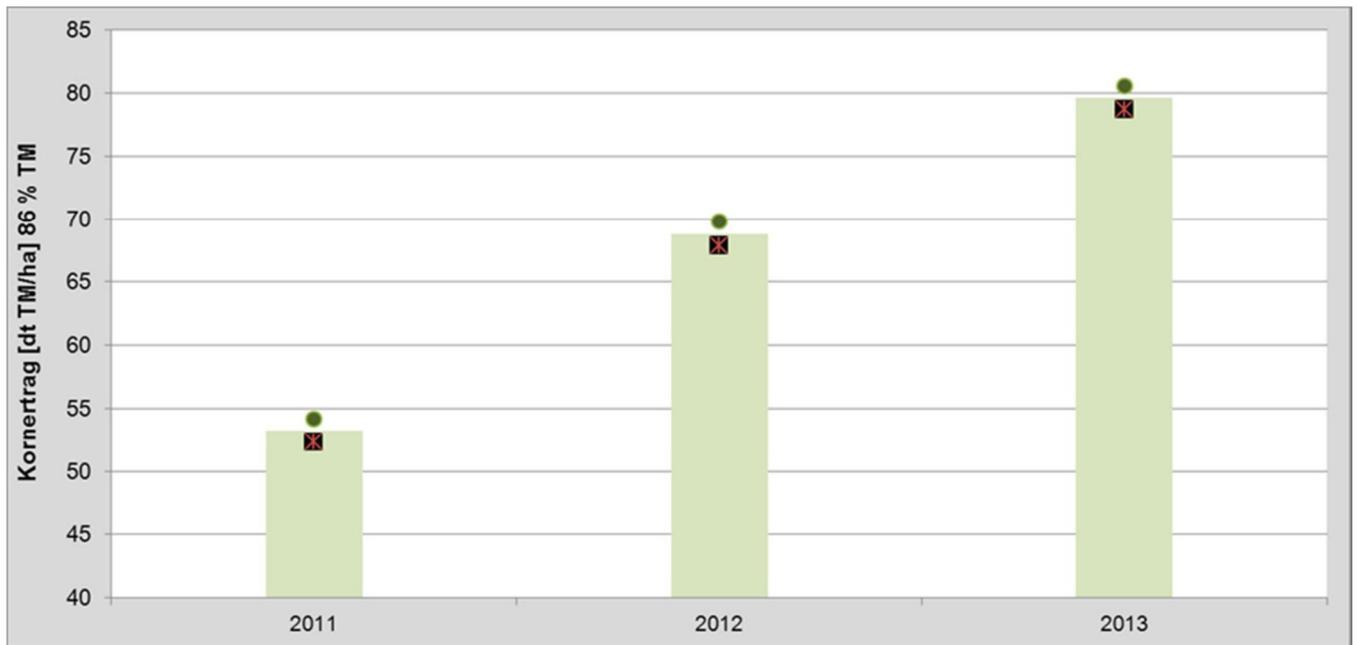


Abbildung 2: Darstellung der mittleren Kornerträge (n = 28) sowie deren Ober- und Untergrenze (25 % und 95 % Konfidenzintervall) im Mittel der Versuchsjahre

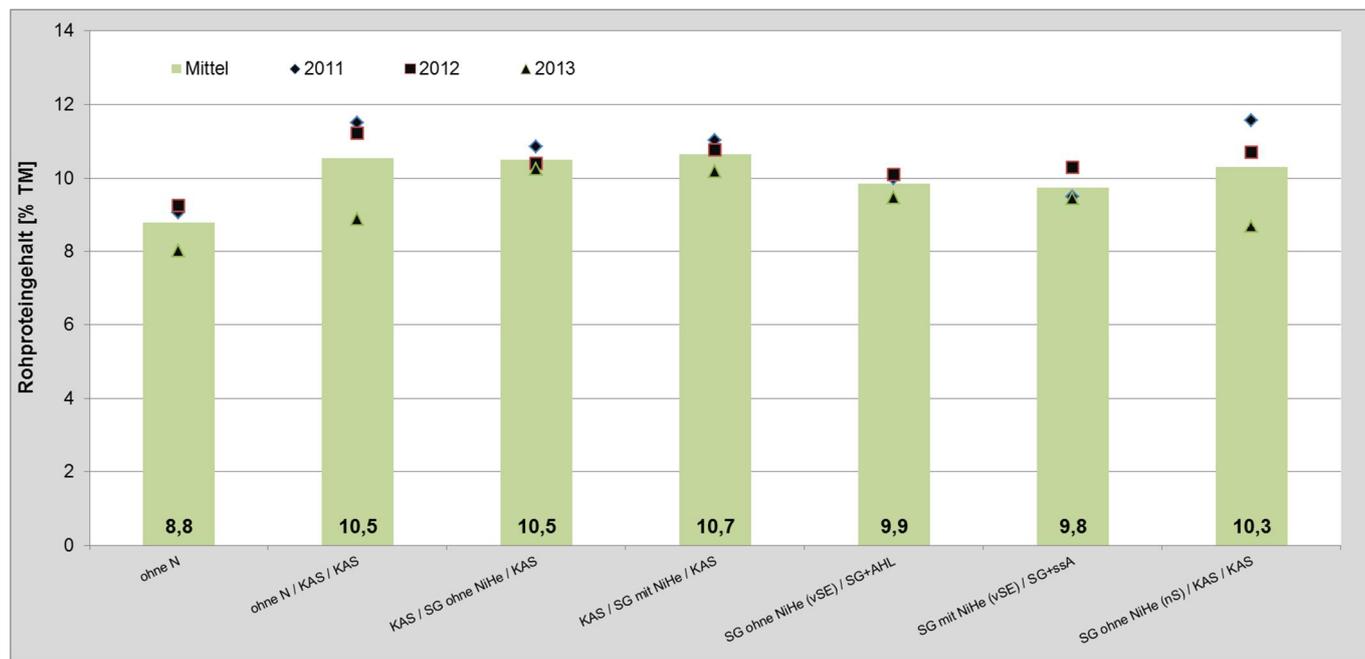


Abbildung 3: Rohproteingehalt [% TM] im Mittel der Jahre sowie in den Einzeljahren

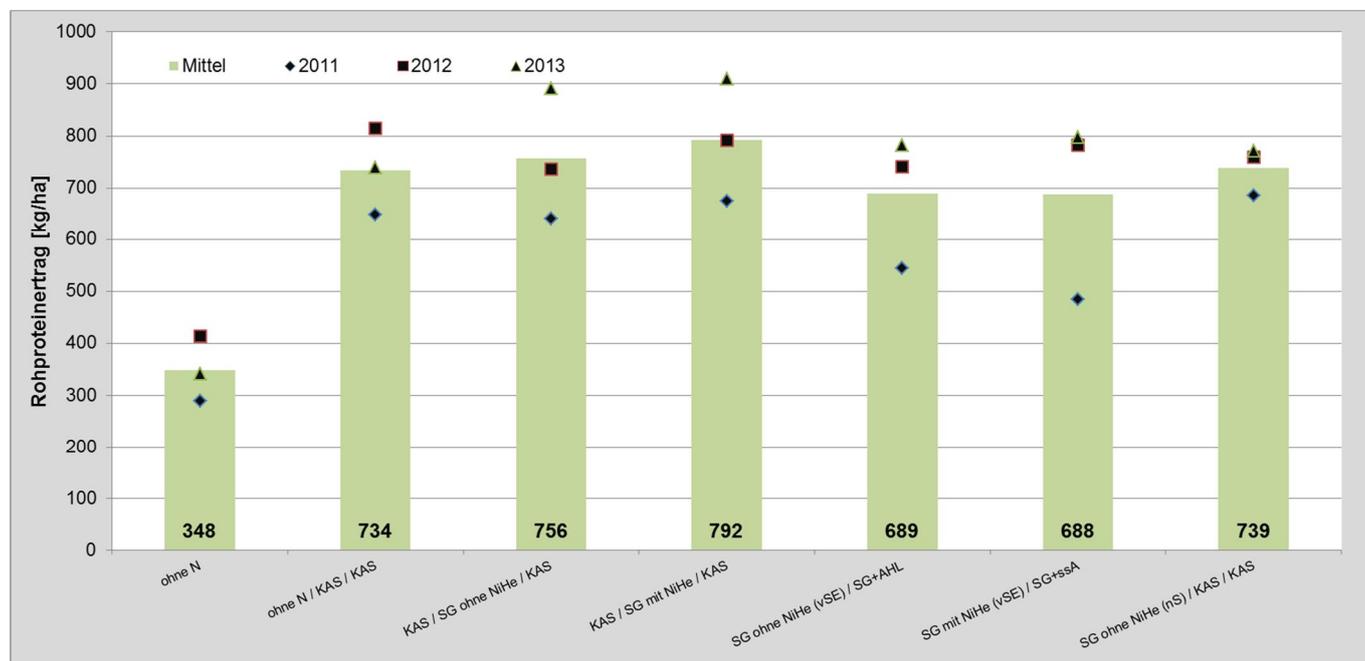


Abbildung 4: Proteinerträge [kg/ha] im Mittel der Jahre sowie in den Einzeljahren

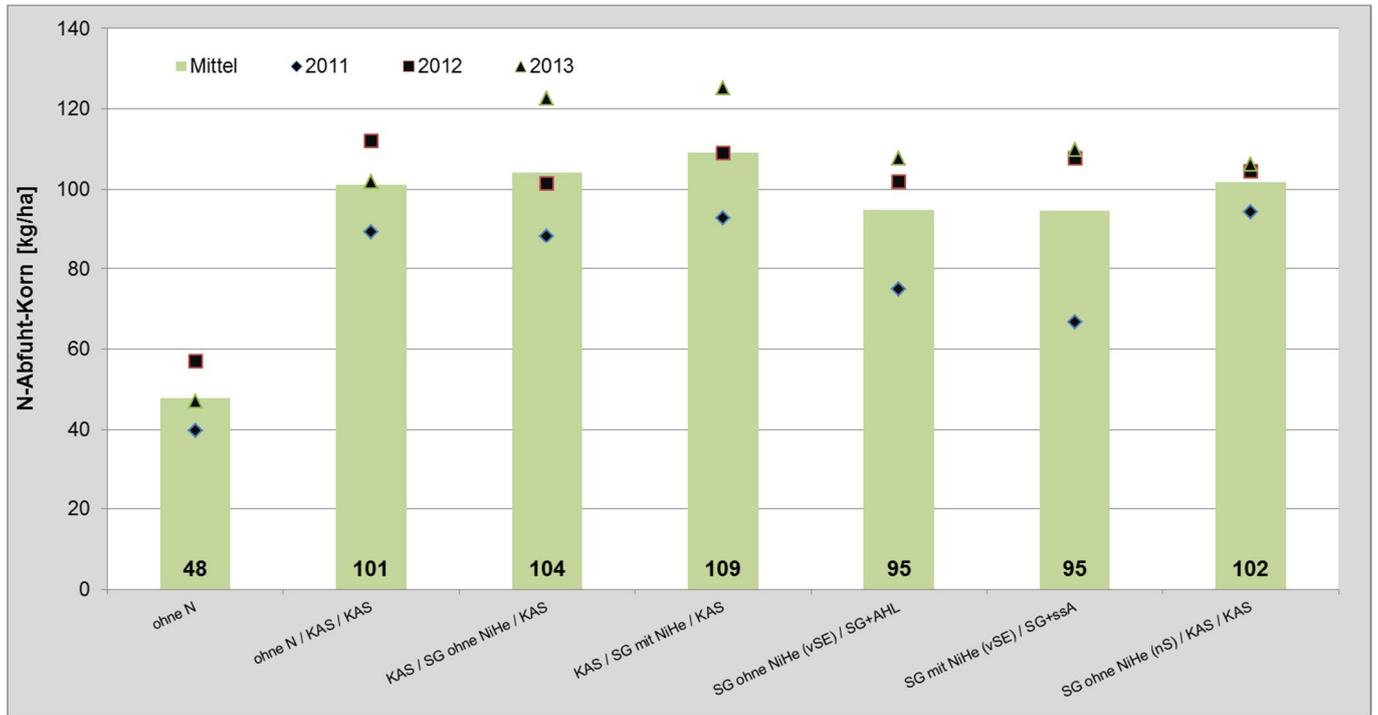


Abbildung 5: N-Abfuhr-Korn [kg/ha] im Mittel der Jahre sowie in den Einzeljahren

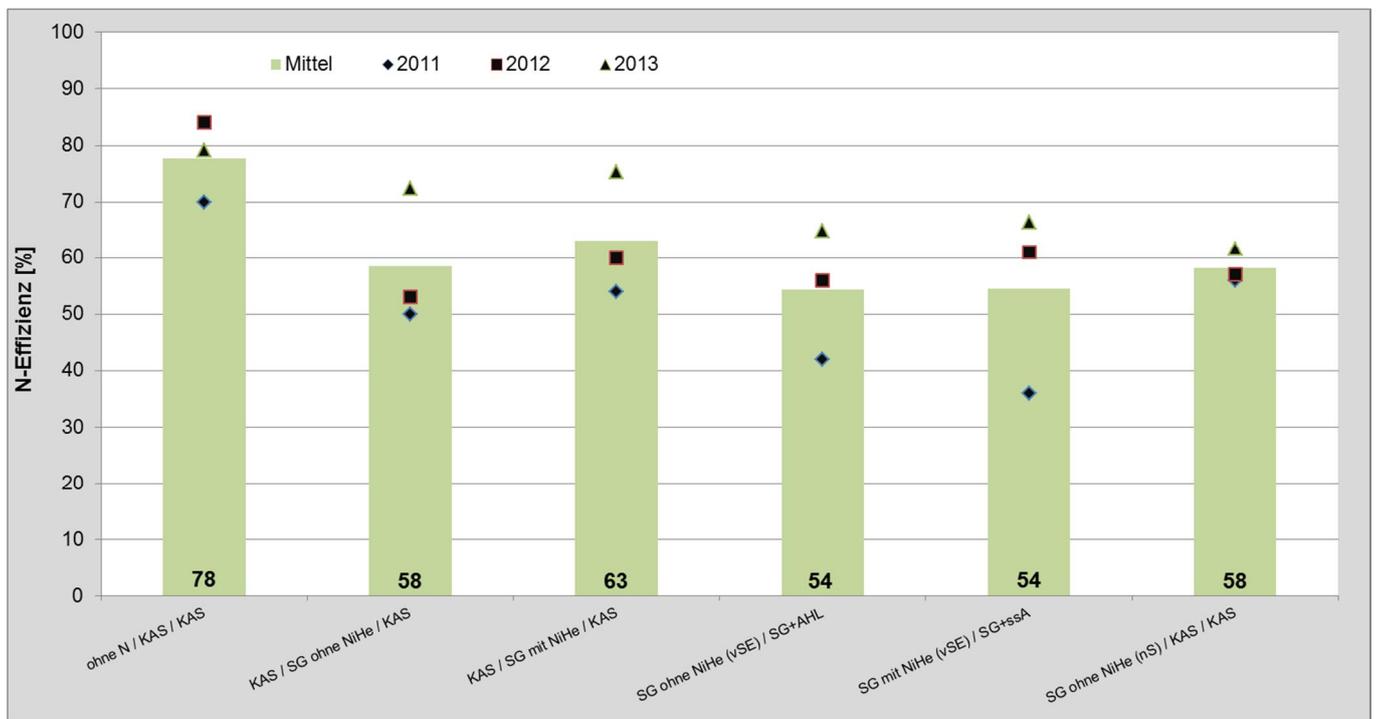


Abbildung 6: N-Effizienz [% d. N-Düngung] im Mittel der Jahre sowie in den Einzeljahren

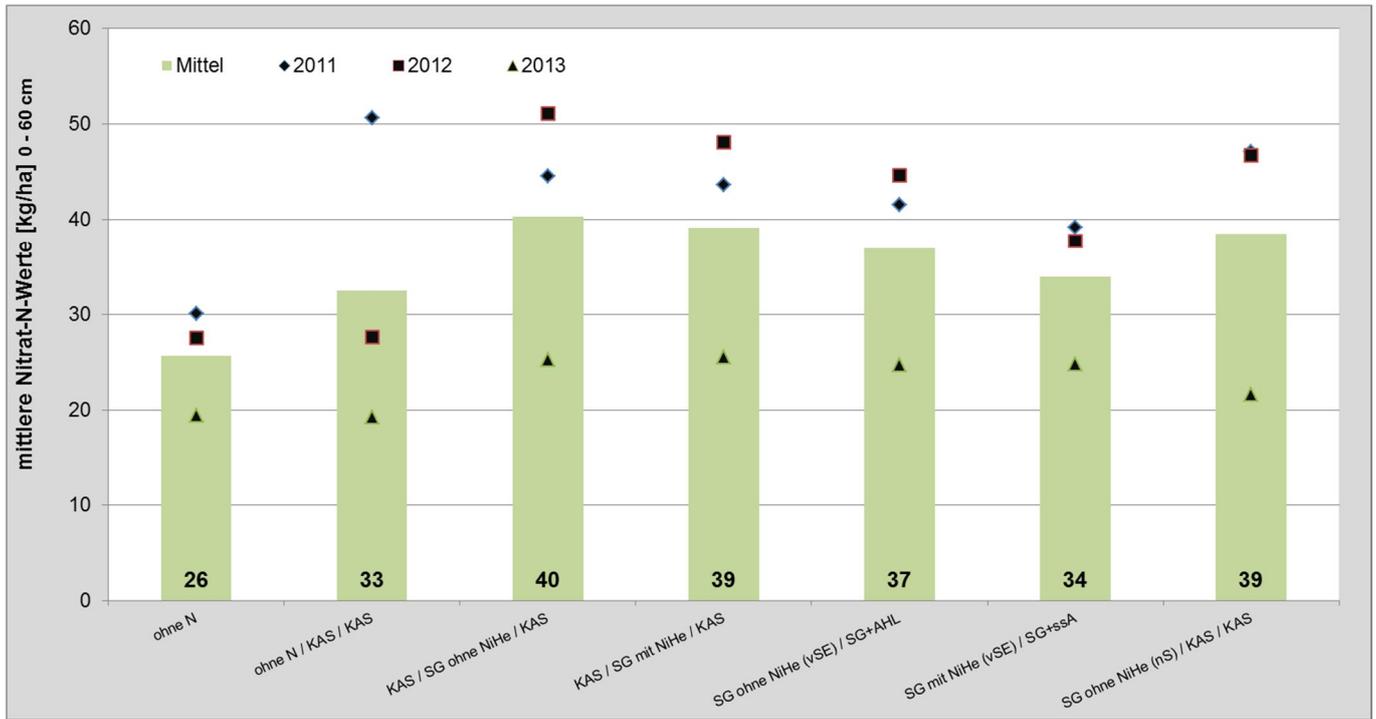


Abbildung 7: Mittlere  $N_{min}$ -Werte [kg Nitrat-N/ha] (0 – 60 cm) im Mittel der Jahre sowie in den Einzeljahren

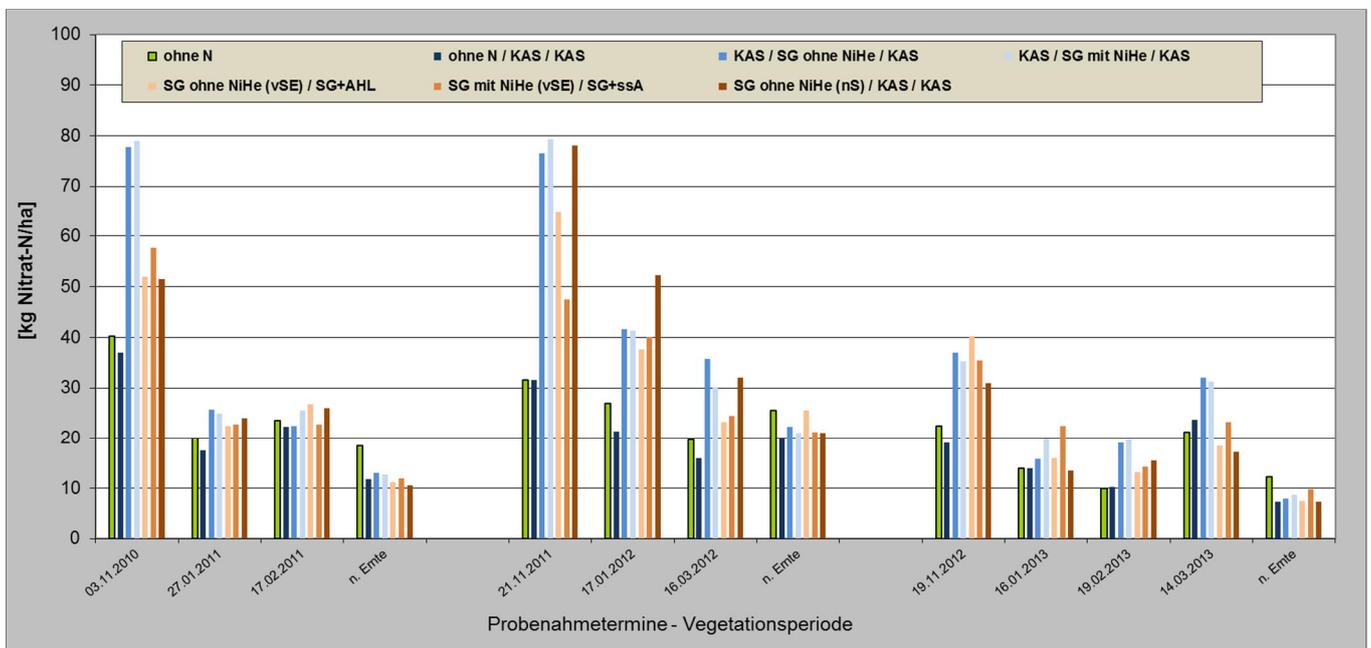


Abbildung 8:  $N_{min}$ -Werte [kg Nitrat-N/ha] – einzelne Termine über den Versuchszeitraum

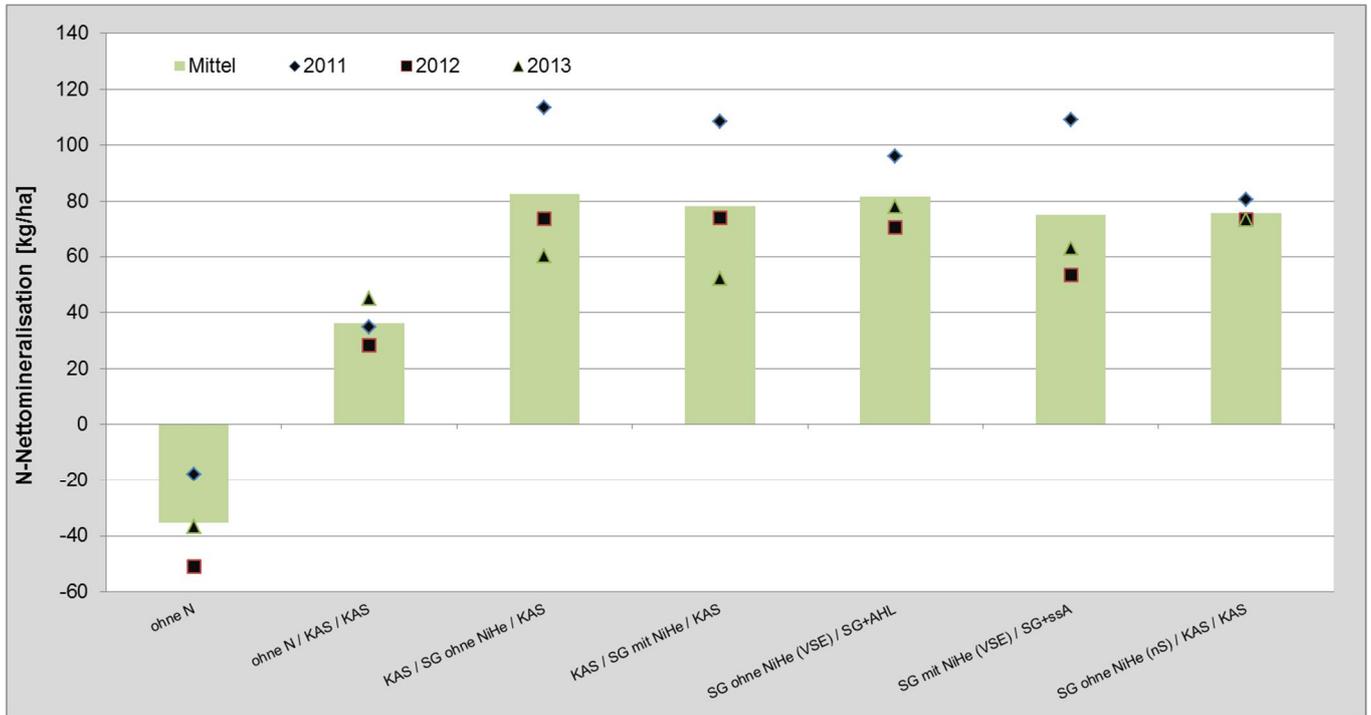


Abbildung 9: N-Nettomineralisation [kg/ha] im Mittel der Jahre sowie in den Einzeljahren

# 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).

## Vergleich „JAHRE“

### BEWERTUNG „JAHRESEINFLUSS ÜBER ALLE VARIANTEN“

Tabelle 1 mittlere Kornerträge [dt TM/ha], Rohproteingehalte [% TM]

	Kornertrag [dt TM/ha]		RP-Gehalt [% TM]
2011	53,3	2011	10,5
2012	68,8	2012	10,4
2013	79,7	2013	9,3

Tabelle 2 statistische Maßzahlen „Kornerträge“

Jahr		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
2011	2012	-15,554	***	-17,214	-13,894
	2013	-26,393	***	-28,053	-24,733
2012	2013	-10,839	***	-12,499	-9,179

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

Tabelle 3 statistische Maßzahlen „Rohproteingehalte“

Jahr		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
2011	2012	0,111		-0,174	0,395
	2013	1,225	***	0,941	1,509
2012	2013	1,114	***	0,830	1,399

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

# Vergleich „Düngung“

## BEWERTUNG „HERBST- UND FRÜHJAHRSDÜNGUNG ÜBER ALLE JAHRE“

Tabelle 4 mittlere Kornerträge [dt TM/ha], Rohproteingehalte [% TM]

	Kornertrag [dt TM/ha]		RP-Gehalt [% TM]
ohne N	39,6	ohne N	8,8
0/KAS/KAS	70,7	0/KAS/KAS	10,5
KAS/SG o. NiHe/KAS	72,3	KAS/SG o. NiHe/KAS	10,5
KAS/SG m. NiHe/KAS	74,7	KAS/SG m. NiHe/KAS	10,7
SG o. NiHe vSE/SG o. NiHe	70,1	SG o. NiHe vSE/SG o. NiHe	9,9
SG m. NiHe vSE/SG + ssA	70,5	SG m. NiHe vSE/SG + ssA	9,8
SG o. NiHe nS/KAS/KAS	73,0	SG o. NiHe nS/KAS/KAS	10,3

Tabelle 5 statistische Maßzahlen „Kornerträge“

N-Düngung		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	0/KAS/KAS	-31,117	***	-34,383	-27,850
	KAS/SG o. NiHe/KAS	-32,667	***	-35,933	-29,400
	KAS/SG m. NiHe/KAS	-35,058	***	-38,325	-31,792
	SG o. NiHe vSE/SG o. NiHe	-30,475	***	-33,742	-27,208
	SG m. NiHe vSE/SG + ssA	-30,875	***	-34,142	-27,608
	SG o. NiHe nS/KAS/KAS	-33,442	***	-36,708	-30,175
0/KAS/KAS	KAS/SG o. NiHe/KAS	-1,550		-4,817	1,717
	KAS/SG m. NiHe/KAS	-3,942	***	-7,208	-0,675
	SG o. NiHe vSE/SG o. NiHe	0,642		-2,625	3,908
	SG m. NiHe vSE/SG + ssA	0,242		-3,025	3,508
	SG o. NiHe nS/KAS/KAS	-2,325		-5,592	0,942
KAS/SG o. NiHe/KAS	KAS/SG m. NiHe/KAS	-2,392		-5,658	0,875
	SG o. NiHe vSE/SG o. NiHe	2,192		-1,075	5,458
	SG m. NiHe vSE/SG + ssA	1,792		-1,475	5,058
	SG o. NiHe nS/KAS/KAS	-0,775		-4,042	2,492
KAS/SG m. NiHe/KAS	SG o. NiHe vSE/SG o. NiHe	4,583	***	1,317	7,850
	SG m. NiHe vSE/SG + ssA	4,183	***	0,917	7,450
	SG o. NiHe nS/KAS/KAS	1,617		-1,650	4,883
SG o. NiHe vSE/SG o. NiHe	SG m. NiHe vSE/SG + ssA	-0,400		-3,667	2,867
	SG o. NiHe nS/KAS/KAS	-2,967		-6,233	0,300
SG m. NiHe vSE/SG + ssA	SG o. NiHe nS/KAS/KAS	-2,567		-5,833	0,700

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

Tabelle 6 statistische Maßzahlen „Rohproteingehalte“

N-Düngung		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	0/KAS/KAS	-1,75	***	-2,310	-1,190
	KAS/SG o. NiHe/KAS	-1,717	***	-2,276	-1,157
	KAS/SG m. NiHe/KAS	-1,875	***	-2,435	-1,315
	SG o. NiHe vSE/SG o. NiHe	-1,067	***	-1,626	-0,507
	SG m. NiHe vSE/SG + ssA	-0,958	***	-1,518	-0,399
	SG o. NiHe nS/KAS/KAS	-1,525	***	-2,085	-0,965
0/KAS/KAS	KAS/SG o. NiHe/KAS	0,033		-0,526	0,593
	KAS/SG m. NiHe/KAS	-0,125		-0,685	0,435
	SG o. NiHe vSE/SG o. NiHe	0,683	***	0,124	1,243
	SG m. NiHe vSE/SG + ssA	0,792	***	0,232	1,351
	SG o. NiHe nS/KAS/KAS	0,225		-0,335	0,785
KAS/SG o. NiHe/KAS	KAS/SG m. NiHe/KAS	-0,158		-0,718	0,401
	SG o. NiHe vSE/SG o. NiHe	0,650	***	0,090	1,210
	SG m. NiHe vSE/SG + ssA	0,758	***	0,199	1,318
	SG o. NiHe nS/KAS/KAS	0,192		-0,368	0,751
KAS/SG m. NiHe/KAS	SG o. NiHe vSE/SG o. NiHe	0,808	***	0,249	1,368
	SG m. NiHe vSE/SG + ssA	0,917	***	0,357	1,476
	SG o. NiHe nS/KAS/KAS	0,350	***	-0,210	0,910
SG o. NiHe vSE/SG o. NiHe	SG m. NiHe vSE/SG + ssA	0,108		-0,451	0,668
	SG o. NiHe nS/KAS/KAS	-0,458		-1,018	0,101
SG m. NiHe vSE/SG + ssA	SG o. NiHe nS/KAS/KAS	-0,567	***	-1,126	-0,007

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

Den Landwirten, den Kollegen des LRA Ellwangen sowie den Kollegen und Kolleginnen des LTZ Augustenberg sei auf diesem Wege für die tatkräftige Arbeit und Unterstützung herzlich gedankt.

## IMPRESSUM

Herausgeber:

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

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)

Bearbeitung und Redaktion:

LTZ Augustenberg  
Dr. Markus Mokry  
Referat 12: SG Pflanzenernährung

Stand: November 2016