

Versuchsergebnisse aus Bayern 2012 bis 2015

N-Düngung bei Wintergerste in Trockengebieten (Herbstdüngung, Düngerform, stabilisierte Dünger, Injektion)



Ergebnisse aus Versuchen in Zusammenarbeit mit den Ämtern für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Agrarökologie-Düngung
Lange Point 12, 85354 Freising
©

Autoren: Dr. M. Wendland, K. Offenberger, L. Heigl, M. Schmidt
Kontakt: Tel.: 08161 71-5499, Fax: 08161 71-5089
E-Mail: Matthias.Wendland@LfL.bayern.de
<http://www.LfL.bayern.de/iab/>

Inhaltsverzeichnis

Standortbeschreibung	3
Düngeplan	4
Weiterndorf	5
Ernte 2012 – 2015 *	5
Scheßlitz	6
Ernte 2012 – 2015 *	6
Weiterndorf, Scheßlitz	7
Ernte 2012 - 2015	7
Kommentar	8
Allgemeine Versuchsbeschreibung	8
Funktion und Beschreibung der Düngesysteme	9
Herbstdüngung:	10
Düngerform:	11
Stabilisierte Düngung:	13
Injektionsdüngung:	14
Fazit	16

Versuchsbeschreibung

In den Jahren 2012 bis 2015 wurden an zwei Standorten in Franken Feldversuche zur Optimierung der Stickstoffdüngung unter sommertrockenen Bedingungen zu Wintergerste angelegt. Zum Einsatz kamen verschiedene mineralische Dünger (z. B. KAS, ASS, Harnstoff und stabilisierte Dünger wie Alzon, Entec), die in einer oder aufgeteilt in mehreren Gaben, oder zum Teil auch im Herbst, ausgebracht wurden. Verschiedene Flüssigdünger mit hohem NH₄-Anteil (Domamon, Piasan, ASL) wurden im Injektionsverfahren in einer Gabe im zeitigen Frühjahr ausgebracht.

Standortbeschreibung

Ort	Weiterndorf	Scheßlitz (2015 Wolfsdorf)
Landkreis	Ansbach	Bamberg (Lichtenfels)
Landschaft	Nordbayerisches Hügelland	Nordbayerisches Hügelland
Ø Jahresniederschläge (mm)	690	634
Ø Jahrestemperatur (°C)	7,7	8,5
Höhe über NN (m)	400	309
Bodentyp	Parabraunerde	Braunerde
Bodenart	sL	L (sL)
Geologische Herkunft	Keuper und Muschelkalk	Alluvium (Diluvium)
Ackerzahl	ca. 45	61 (59)

Bodenuntersuchung

Versuchsjahr	2012	2013	2014	2015	2012	2013	2014	2015
pH-Wert	6,7	6,8	6,9	6,9	5,9	6,3	7,3	5,7
P ₂ O ₅ (mg/100 g Boden)	8	5	8	12	6	6	9	7
K ₂ O (mg/100 g Boden)	14	19	22	16	16	16	9	19
N _{min} -Gehalt im Frühjahr (kg/ha)								
0 - 30 cm	18	41	12	21	30	19	31	18
30 - 60 cm	4	8	7	7	5	13	10	10
60 - 90 cm	2	4	7	7	11	14	13	7
0 - 90 cm	24	53	26	35	46	46	54	35

N-Düngung bei Wintergerste in Trockengebieten (Herbstdüngung, Düngerform, stab. Dünger, Injektion)
Versuch 542
Düngeplan

Vgl.	Düngungsstufe *	N-Düngung (kg/ha)				
		N-Gabe Herbst	Org. Düng. N zeitig. Frühj.	N 1. Gabe zeitig. Frühj.	N 2.Gabe BBCH 31	N 3.Gabe BBCH 39
1	KAS 0	0	0	0	0	0
2	KAS unter Optimum 100 N	0	0	40	30	30
3	KAS optimal 130 N	0	0	50	40	40
4	KAS über Optimum 160 N	0	0	60	50	50
5	KAS 100 + 30 N Herbst	30	0	30	30	40
6	KAS 100 + Entec 26 Herbst	30 Entec	0	30	30	40
7	Entec 26 + KAS 3. Gabe	0	0	90 Entec	0	40
8	KAS 50 + Alzon 46	0	0	50	80 Alzon	0
9	KAS + KAS 130	0	0	50	80	0
10	ASS 130	0	0	50	40	40
11	Harnstoff 130	0	0	50	40	40
12	Entec 26 130 N	0	0	130 Entec	0	0
13	Alzon 46 130 N	0	0	130 Alzon	0	0
14	Injektion Domamon 20/6 130 N	0	0	130	0	0
15	Injektion Piasan 25/6 130 N	0	0	130	0	0
16	Inj. ASL8/9+KAS 3.Gabe 130N	0	0	90	0	40 KAS
17	Injektion ASL 8/9 130 N	0	0	130	0	0
18	KAS 50 + Entec 26	0	0	50	80 Entec	0
19	KAS 130	0	0	70	60	0
20*	Ri-Gülle + KAS 30	0	110 N schnell	30	0	0
21*	Ri-Gülle + KAS 30 + Beregn.	0	110 N schnell	30	10 mm Beregnung nach Güllegabe	
22*	Ri-Gülle Herbst + KAS 100	40 Nges Gülle		30	30	40

* Vgl. 20 - 22 nur in Weiterndorf

N-Düngung bei Wintergerste in Trockengebieten (Herbstdüngung, Düngerform, stab. Dünger, Injektion)

Versuch 542

Weiterndorf

Erträge (dt/ha) und Rohproteingehalte (RP %)

Vgl.	Düngungsstufe *	Ernte 2012		Ernte 2013		Ernte 2014		Ernte 2015		Ernte 2012 – 2015 *	
		Ertrag dt/ha	RP %	Ertrag dt/ha	RP %	Ertrag dt/ha	RP %	Ertrag dt/ha	RP %	Ertrag dt/ha	RP %
1	KAS 0	22,4	8,7	57,9	8,9	36,4	8,0	69,6	7,7	46,6	8,3
2	KAS unter Optimum (100 N)	51,0	11,8	84,9	10,6	76,3	9,8	100,2	9,6	78,1	10,4
3	KAS optimal (130 N)	52,4	12,9	91,4	11,0	82,2	10,8	101,5	10,6	81,9	11,3
4	KAS über Optimum (160 N)	53,7	14,0	90,3	11,6	82,2	11,5	104,9	11,4	82,8	12,1
5	KAS 100 + 30 N Herbst	50,3	12,1	88,1	10,6	78,9	9,8	98,7	10,6	79,0	10,8
6	KAS 100 + 30 N Entec 26	49,6	12,1	86,1	11,0	78,6	10,6	101,2	10,1	78,9	10,9
7	Entec 26 + KAS 3.Gabe (130 N)	56,5	12,3	85,0	11,4	76,9	10,7	97,5	10,9	79,0	11,3
8	KAS 50 + Alzon 46 (130 N)	57,6	12,6	90,0	11,1	74,2	10,8	102,0	9,9	81,0	11,1
9	KAS + KAS (130 N)	60,3	12,3	91,3	11,0	75,6	11,3	101,7	10,4	82,2	11,2
10	ASS 130 N	55,9	12,5	89,9	11,3	78,1	11,1	102,2	10,3	81,5	11,3
11	Harnstoff 130 N	51,8	12,4	91,5	11,2	75,6	10,3	101,0	10,1	79,9	11,0
12	Entec 26 130 N	60,0	11,2	83,3	11,2	76,9	10,8	97,3	10,1	79,4	10,8
13	Alzon 46 130 N	58,8	10,3	85,6	10,7	71,8	9,2	94,1	9,0	77,6	9,8
14**	Injektion Domamon 20/6 (130 N)	--	--	84,4	10,2	68,8	8,9	96,3	9,5	74,3	9,9
15**	Injektion Piasan 25/6 (130 N)	--	--	81,9	10,0	64,1	8,9	96,0	9,3	71,8	9,8
16**	Inj. ASL8/9+KAS 3.Gabe (130N)	--	--	87,0	11,3	72,1	10,5	98,6	10,5	76,7	11,1
17**	Injektion ASL 8/9 (130 N)	--	--	85,4	11,2	79,3	10,7	97,9	9,5	78,7	10,8
18	KAS 50 + Entec 26 (130 N)	56,8	12,0	90,6	11,1	81,5	10,6	99,3	10,3	82,1	11,0
19	KAS 130 N	54,4	12,5	93,3	10,9	85,1	10,8	102,5	10,3	83,8	11,1
20**	Ri-Gülle + KAS 30			83,2	10,1	70,4	8,5				
21**	Ri-Gülle + KAS 30 + Beregnung			82,7	10,7	74,4	8,9				
22**	Ri-Gülle Herbst + KAS 100			89,3	11,0	77,6	10,3				
GD 5 %		6,0		3,8		4,7		3,2			

* adjustierte Werte;

** Vgl. 14 - 17 waren 2012 nicht wertbar; Vgl. 20 - 22 in Weiterndorf nur 2013 und 2014

N-Düngung bei Wintergerste in Trockengebieten (Herbstdüngung, Düngerform, stab. Dünger, Injektion)

Versuch 542

Scheßlitz

Erträge (dt/ha) und Rohproteingehalte (RP %)

Vgl.	Düngungsstufe *	Ernte 2012*		Ernte 2013		Ernte 2014		Ernte 2015		Ernte 2012 – 2015 *	
		Ertrag dt/ha	RP %	Ertrag dt/ha	RP %	Ertrag dt/ha	RP %	Ertrag dt/ha	RP %	Ertrag dt/ha	RP %
1	KAS 0	27,5	10,6	46,5	8,9	62,0	9,5	64,5	7,6	50,1	9,2
2	KAS unter Optimum (100 N)	60,2	12,8	80,9	12,2	95,4	11,0	90,9	10,5	81,8	11,6
3	KAS optimal (130 N)	64,9	13,7	82,0	13,1	104,1	11,8	92,9	11,1	86,0	12,4
4	KAS über Optimum (160 N)	66,0	14,3	82,3	13,5	108,8	12,3	93,7	12,0	87,7	13,0
5	KAS 100 + 30N Herbst	62,4	13,0	79,9	12,4	102,2	11,3	85,1	10,7	82,4	11,8
6	KAS 100 + 30N Entec 26 Herbst	62,0	13,3	80,3	12,6	103,0	11,3	88,8	10,8	83,5	12,0
7	Entec 26 + KAS 3.Gabe (130 N)	62,7	13,6	81,9	13,2	100,8	11,5	92,0	11,1	84,4	12,3
8	KAS 50 + Alzon 46 (130 N)	64,7	13,5	86,1	12,7	103,0	11,4	94,2	10,5	87,0	12,0
9	KAS + KAS (130 N)	66,8	13,5	88,6	12,5	105,7	11,4	94,4	10,9	88,9	12,1
10	ASS 130 N	64,9	13,7	85,1	12,9	102,9	11,7	93,7	11,2	86,6	12,3
11	Harnstoff 130 N	63,0	13,4	83,3	12,7	100,2	11,4	94,9	10,9	85,3	12,1
12	Entec 26 130 N	63,8	13,1	83,7	12,5	102,7	10,9	96,9	10,5	86,8	11,8
13	Alzon 46 130 N	62,0	12,5	81,1	12,3	100,3	11,1	89,4	10,2	83,2	11,5
14**	Injektion Domamon 20/6 (130 N)			77,3	11,5	91,6	10,3	87,4	10,0	78,2	11,0
15**	Injektion Piasan 25/6 (130 N)			75,6	11,5	90,2	10,4	84,8	9,3	76,1	10,8
16**	Inj. ASL8/9+KAS 3.Gabe (130N)			74,4	12,7	93,6	11,3	88,5	11,1	78,5	12,1
17**	Injektion ASL 8/9 (130 N)			73,6	11,5	102,0	11,0	93,9	10,5	82,6	11,6
18	KAS 50 + Entec 26 (130 N)	65,3	13,4	81,9	13,0	103,5	11,3	93,9	10,9	86,2	12,1
19	KAS 130 N	66,8	13,4	83,5	12,6	105,4	11,4	92,5	11,0	87,1	12,1
GD 5 %		6,6		4,1		4,8		5,9			

* adjustierte Werte

** Vgl. 14 - 17 waren 2012 nicht wertbar;

N-Düngung bei Wintergerste in Trockengebieten (Herbstdüngung, Düngerform, stab. Dünger, Injektion)

Versuch 542

Weiterndorf, Scheßlitz

Erträge (dt/ha) und Rohproteingehalte (RP %)

Ernte 2012 - 2015

Vgl.	Düngungsstufe *	Weiterndorf *		Scheßlitz *		Mittel der Orte *	
		Ertrag dt/ha	RP %	Ertrag dt/ha	RP %	Ertrag dt/ha	RP %
1	KAS 0	46,6	8,3	50,1	9,2	48,4	8,8
2	KAS unter Optimum (100 N)	78,1	10,4	81,8	11,6	80,0	11,0
3	KAS optimal (130 N)	81,9	11,3	86,0	12,4	84,0	11,9
4	KAS über Optimum (160 N)	82,8	12,1	87,7	13,0	85,3	12,3
5	KAS 100 + 30 N Herbst	79,0	10,8	82,4	11,8	80,7	11,3
6	KAS 100 + 30 N Entec 26 Herbst	78,9	10,9	83,5	12,0	81,2	11,5
7	Entec 26 + KAS 3.Gabe (130 N)	79,0	11,3	84,4	12,3	81,7	11,8
8	KAS 50 + Alzon 46 (130 N)	81,0	11,1	87,0	12,0	84,0	11,6
9	KAS + KAS (130 N)	82,2	11,2	88,9	12,1	85,6	11,7
10	ASS 130 N	81,5	11,3	86,6	12,3	84,1	11,8
11	Harnstoff 130 N	79,9	11,0	85,3	12,1	82,6	11,6
12	Entec 26 130 N	79,4	10,8	86,8	11,8	83,1	11,3
13	Alzon 46 130 N	77,6	9,8	83,2	11,5	80,4	10,7
14	Injektion Domamon 20/6 (130 N)	74,3	9,9	78,2	11,0	76,3	10,5
15	Injektion Piasan 25/6 (130 N)	71,8	9,8	76,1	10,8	74,0	10,3
16	Inj. ASL8/9+KAS 3.Gabe (130N)	76,7	11,1	78,5	12,1	77,6	11,6
17	Injektion ASL 8/9 (130 N)	78,7	10,8	82,6	11,6	80,7	11,2
18	KAS 50 + Entec 26 (130 N)	82,1	11,0	86,2	12,1	84,2	11,6
19	KAS 130 N	83,8	11,1	87,1	12,1	85,5	11,6
GD 5 %						2,6	0,3

* adjustierte Werte

Kommentar

Allgemeine Versuchsbeschreibung

Eine optimierte Stickstoffdüngung zu landwirtschaftlichen Kulturen ist eine Grundvoraussetzung für hohe Erträge bei gleichzeitig geringen Stickstoffverlusten. Grundlage hierfür ist neben einer den Ertragserwartungen angepassten N-Düngemenge auch die Wahl der richtigen Düngerform. Diese könnte gerade in Trockengebieten einen großen Einfluss auf die Effizienz der Stickstoffdüngung ausüben. Dabei sind verschiedene Strategien vorstellbar. Zum einen kann es vorteilhaft sein, stabilisierte Dünger möglichst zu Vegetationsbeginn sehr früh auszubringen, um die Nährstoffe mit den wenigen Frühjahrsniederschlägen noch in den Boden zu bringen. Eine andere Möglichkeit wäre, flüssige mineralische Dünger direkt in den Boden einzubringen um weniger von Niederschlägen abhängig zu sein. Um dieser Frage nachzugehen, wurden in den Jahren 2012 bis 2015 an zwei Standorten in Franken Feldversuche zur Optimierung der Stickstoffdüngung unter sommertrockenen Bedingungen zu Wintergerste angelegt. Mit einer mittleren Jahresniederschlagsmenge von unter 700 mm ist an beiden Standorten oft mit einer Frühjahrs-/Sommertrockenheit zu rechnen. Zum Einsatz kamen verschiedene mineralische Dünger (z. B. KAS, ASS, Harnstoff und stabilisierte Dünger wie Alzon, Entec), die in einer oder aufgeteilt in mehreren Gaben zum Teil auch im Herbst, ausgebracht wurden. In zusätzlichen Varianten wurden verschiedene Flüssigdünger mit hohem NH_4 -Anteil wie Domamon, Piasan und ASL im sogenannten Injektionsverfahren in einer Gabe im zeitigen Frühjahr ausgebracht. ASL, eine **Ammonium-Sulfat-Lösung**, ist ein zugelassenes Düngemittel, das bei verschiedenen Verfahren wie Abluftreinigung oder Herstellung von Blausäure anfällt.

Niederschläge:

Um hohe Erträge erzielen zu können ist eine ausreichende Versorgung der Pflanzen mit Nährstoffen unabdingbar. Diese werden in der Regel mit Wasser (Nährstofflösung) über die Wurzeln aufgenommen. Steht nicht genügend Wasser zur Verfügung führt dieses zu einer eingeschränkten Nährstoffaufnahme. Somit wirken sich trockene Bedingungen unmittelbar auf die Erträge und Produktqualität aus.

In den Abbildungen 1 und 2 sind die Niederschlagsmengen und -verteilung aus den Versuchsjahren 2012 bis 2015 im Vergleich zum langjährigen Mittel (1961 bis 1990) dargestellt. Auffallend sind die auf beiden Standorten niedrigeren Niederschlagsmengen von Februar bis April.

Weiterndorf:

Die Jahresniederschlagsmenge lag in den vier Versuchsjahren mit Ausnahme des Erntejahres 2013 (736 mm) zum Teil deutlich unter dem langjährigen Mittel (690 mm). Mit 528 mm wurde im Erntejahr 2015 die geringste Menge gemessen.

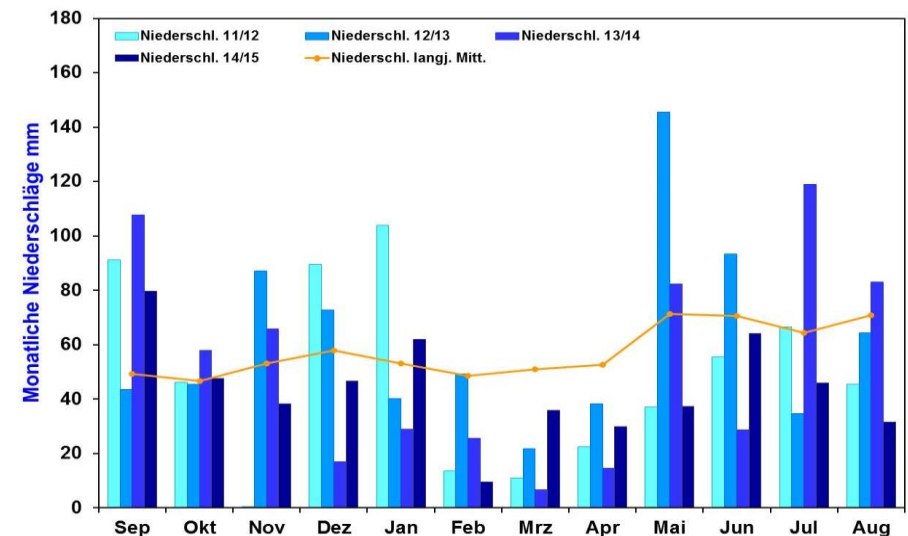


Abb.1: Niederschlagsverteilung in den Versuchsjahren 2012 bis 2015, Standort: Weiterndorf (Station Bonnhof)

Scheßlitz:

In den Jahren 2014 (622 mm) und 2015 (566 mm) lagen die Jahresniederschläge unter dem langjährigen Mittel (634 mm). Dagegen kann in 2012 und 2013 keineswegs von Trockenjahren gesprochen werden, da die Niederschlagsmenge mit 767 bzw. 892 mm deutlich über dem langjährigen Mittel lag.

Funktion und Beschreibung der Düngesysteme Stabilisierte Düngung

Stabilisierte N-Dünger unterscheiden sich von herkömmlichen Ammonium- bzw. Nitratdüngern durch den Zusatz von Nitrifikationshemmern. Diese bewirken, dass die Umwandlung von Ammonium-N zu Nitrat-N durch die Bodenmikroben, um einige Wochen verzögert wird. Einen entscheidenden Einfluss spielt dabei die Bodentemperatur. Je höher diese ist, umso schneller erfolgt der Abbau der Nitrifikationshemmer und somit die Umwandlung von $\text{NH}_4\text{-N}$ zu $\text{NO}_3\text{-N}$. Ziel ist es, die Gefahr einer Verlagerung des wasserlöslichen Nitrats in tiefere Schichten zu mindern.

Injektionsdüngung:

Eine Sonderform der N-Düngung stellt die Injektionsdüngung dar (Ammoniumdepotdüngung). Dabei werden bevorzugt ammoniumhaltige N-Düngerlösungen über spezielle Ausbringergeräte (siehe Bild 1) punktförmig in den Boden eingebracht. Das so entstehende Ammoniumdepot soll nach Meinung vieler Experten nur sehr langsam in Nitrat umgewandelt werden. Dadurch ist es möglich, N-Gaben zusammenzufassen. Allerdings muss man sich schon relativ früh auf die zu düngende Gesamtmenge festlegen, so dass man nicht auf die jahrgangsspezifischen Bedingungen wie Ertragsentwicklung oder Mineralisation aus dem Boden reagieren kann. Dem Verfahren wird besonders in trockenen Jahren ein Vorteil unterstellt.

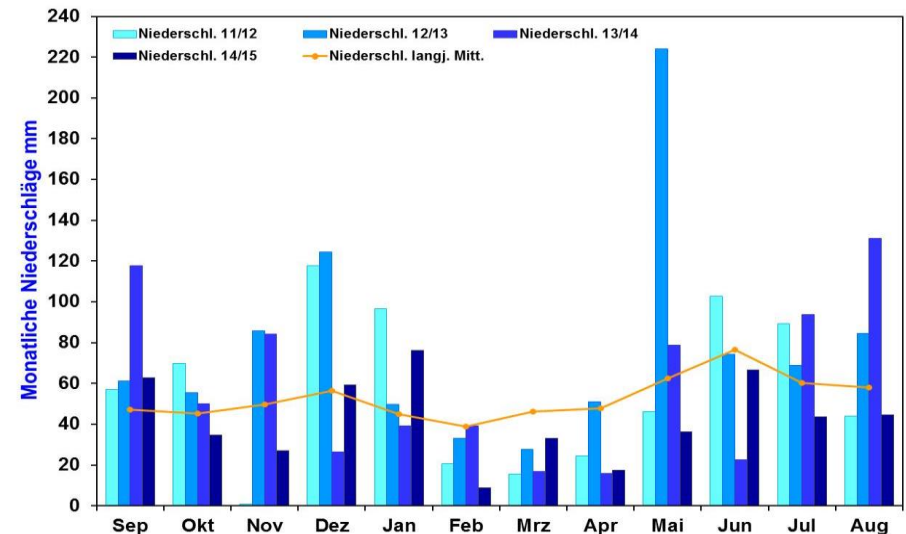


Abb. 2: Niederschlagsverteilung in den Versuchsjahren 2012 bis 2015, Standort: Scheßlitz (Station Wiesengiech)



Bild 1: Auslitern des Injektionsgerätes vor der Ausbringung

Herbstdüngung:

Nach Düngeverordnung (DüV) hat der Einsatz von Düngemitteln so zu erfolgen, dass die Nährstoffe von den Pflanzen weitestgehend aufgenommen werden können. Dies trifft in erster Linie auf Stickstoff zu. Ein entscheidender Faktor diesen effizient und sicher einzusetzen, ist unter anderem der Zeitpunkt der Ausbringung. Ziel ist es, hohe Erträge bei einer geringen Belastung der Gewässer zu erzielen. In Gebieten mit ausgeprägter Frühjahrstrockenheit könnte es von Vorteil sein, einen Teil des Stickstoffes bereits im Herbst zu geben. In Abbildung 3 sind die Erträge und Rohproteingehalte von Wintergerste bei unterschiedlichen Ausbringterminen dargestellt. Dabei wird ersichtlich, dass eine Düngung mit 30 kg N/ha im Herbst mit KAS oder dem stabilisierten Düngers „ENTEC“ bei gleichen Gesamtdüngermengen zu Mindererträgen von ca. 3 dt/ha führt. Die Rohproteinwerte bewegen sich zwischen 11,3 % und 11,9 %. Die niedrigeren Werte wurden in den Varianten mit Herbstdüngung festgestellt. Somit kam auch hier der im Herbst ausgebrachte Stickstoff kaum zur Wirkung.

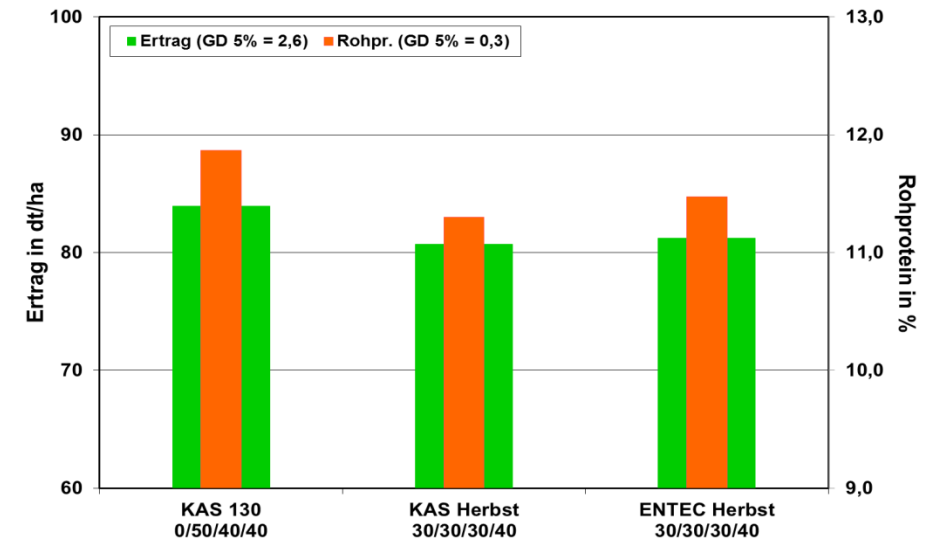


Abb. 3: Erträge und Rohproteingehalte bei Wintergerste ohne und mit Herbstdüngung, Mittel aus 2012 bis 2015, n=8

N_{min}-Werte

Herbst

Unter N_{min} versteht man den Gehalt eines Bodens an verfügbarem und mineralisiertem Stickstoff. In Abbildung 4 sind die Ergebnisse der Herbst- und Frühjahrsprobenahme dargestellt. Der für die Einschätzung der Nitratverlagerung in tiefere Bodenschichten wichtigste Termin im Herbst zeigt bei den zwei Varianten mit Mineraldüngung in Höhe von 30 kg N/ha im Herbst höhere Werte. Diese liegen in einer Tiefe von 0 bis 90 cm im Mittel bei ca. 80 bis 85 kg N/ha und stellen ein erhebliches Auswaschungspotential dar. Aus Gründen des Wasserschutzes ist daher von einer Herbstdüngung abzuraten. Ohne Herbstdüngung liegen die N_{min}-Gehalte bei ca. 60 kg N/ha.

Frühjahr

Die niedrigeren Werte im Frühjahr sind neben einer geringen Aufnahme durch die Pflanzen hauptsächlich auf eine Nitratverlagerung in tiefere Schichten über den Winter zurückzuführen. In den Varianten mit Herbstdüngung verringerte sich der N_{min}-Wert um ca. 35 kg N/ha, in der Variante ohne Herbstdüngung dagegen nur um ca. 20 kg N/ha.

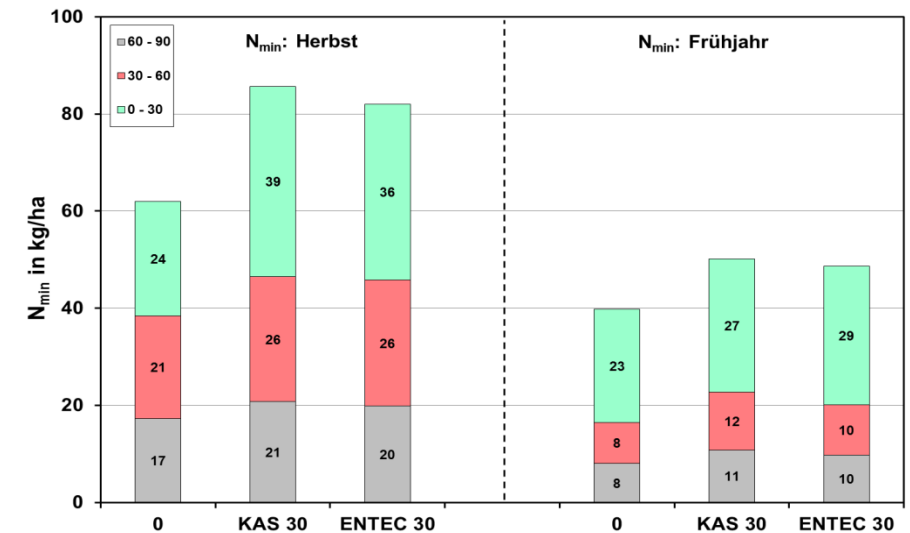


Abb. 4: N_{min}-Werte im Herbst und Frühjahr mit (30 N) bzw. ohne (0 N) Herbstdüngung zu Wi-Ge, Mittel 2012 bis 2015, n=8

N-Bilanz

Ziel des Nährstoffsaldos in der Landwirtschaft ist es, die Ausgewogenheit von Nährstoffzufuhren und Abfuhren zu beurteilen und daraus abzuleiten, ob die Düngebedarfsermittlung richtig war. Er berechnet sich aus der Summe zugeführter N-Mengen abzüglich der N-Abfuhr über die Ernteprodukte. Ziel muss es sein, den N-Bilanzüberschuss möglichst niedrig zu halten. In Abbildung 5 sind die N-Salden der verschiedenen Düngevarianten dargestellt. Obwohl in allen Varianten mit 130 kg/ha dieselben N-Mengen ausgebracht wurden, lagen die N-Salden in den Herbstdüngewarianten auf Grund der niedrigeren Erträge und Rohproteingehalte höher.

Düngerform:

Bei der Entscheidung welche Dünger eingesetzt werden, ist die Kenntnis über deren Eigenschaften Voraussetzung. Im Wesentlichen werden die Stickstoffformen Nitrat, Ammonium und Harnstoff (Amidstickstoff) verwendet, die in Düngemitteln oft kombiniert angeboten werden. In Tabelle 1 ist die Zusammensetzung der im Versuch geprüften Dünger dargestellt.

Tab. 1:

Dünger (N %)	KAS (27)	ASS (26)	Harnstoff (46)
kg/dt	Anteil der N-Form in %		
Nitrat	50	30	-
Ammonium	50	70	-
Amid	-	-	100

Die Pflanzen können Stickstoff über die Wurzel fast ausschließlich nur in Form von Nitrat oder Ammonium aufnehmen. Alle anderen gedüngten Stickstoffformen müssen im Boden zunächst in NH_4 und dann zu NO_3 umgewandelt werden. Nitrat wird mit dem Bodenwasser an die Wurzel herangetragen womit sich die schnelle Wirksamkeit erklärt. Ammonium ist überwiegend an Ton- und Humusteile gebunden und kann von den Wurzeln nur „durch hinwachsen“ aufgenommen werden. Wird Harnstoff gedüngt, muss dieser zunächst in NH_4 und dann zu NO_3 umgewandelt werden. Dabei können Ammoniakverluste entstehen. Deshalb sollte Harnstoff auf unbestellten Flächen eingearbeitet werden. In Abbildung 6 sind die Erträge und Rohproteingehalte bei unterschiedlichen N-Formen dargestellt. Die in der Tendenz leichten Ertragsrückgänge bei Harnstoff können evtl. auch durch mögliche gasförmige Verluste begründet werden.

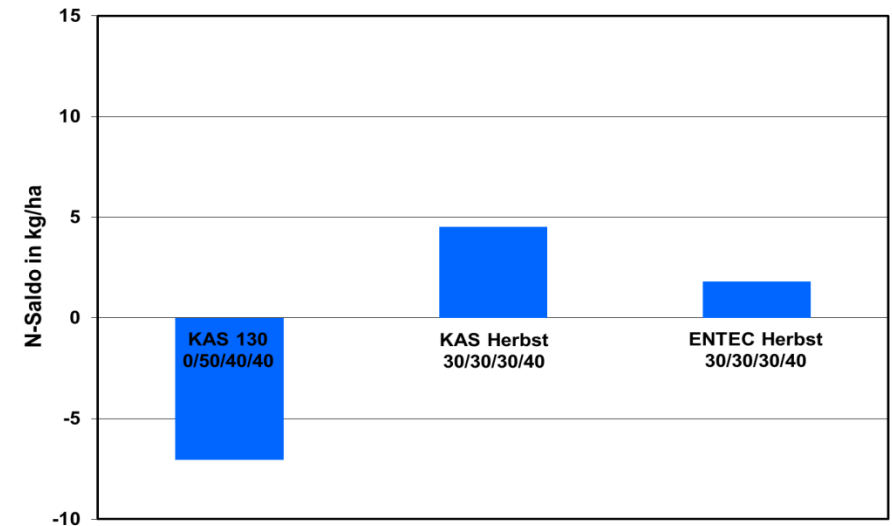


Abb. 5: N-Bilanz ohne und mit Herbstdüngung zu Wintergerste, Mittel aus 2012 bis 2015, n=8

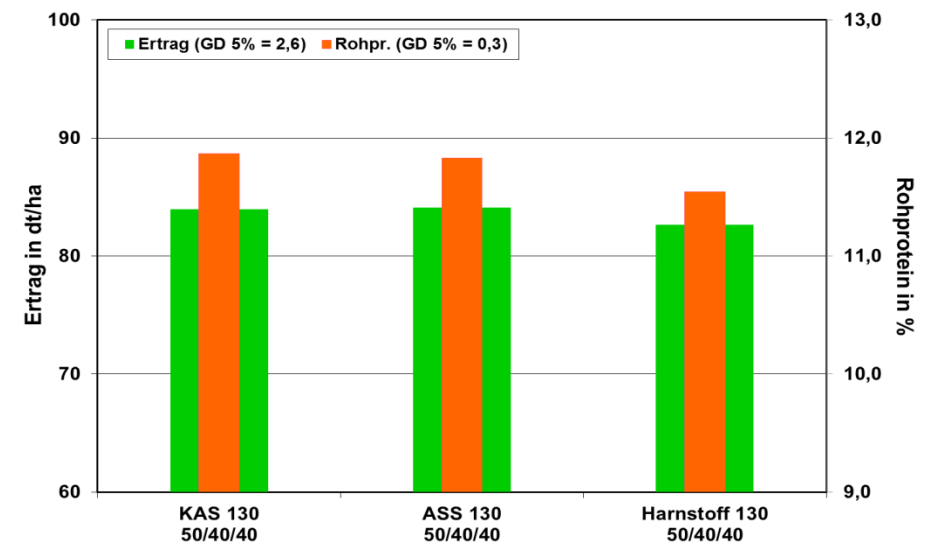


Abb. 6: Erträge und RP-Gehalte bei Wintergerste mit verschiedenen Düngerformen, Mittel aus 2012 bis 2015, n=8

N_{min}-Werte

Eine gezielte und auf die jeweilige Frucht abgestimmte N-Düngung vermindert das Risiko erhöhter N_{min}-Restwerte nach der Ernte. Bei den N_{min}-Werten (0 bis 90 cm Tiefe), dargestellt in Abbildung 7, sind nur geringe Unterschiede zu erkennen. Diese bewegen sich nach Ernte der Wintergerste mit ca. 40 kg N/ha im normalen/mittleren Bereich. Somit ist die Gefahr einer Nitratverlagerung über die Wintermonate relativ gering.

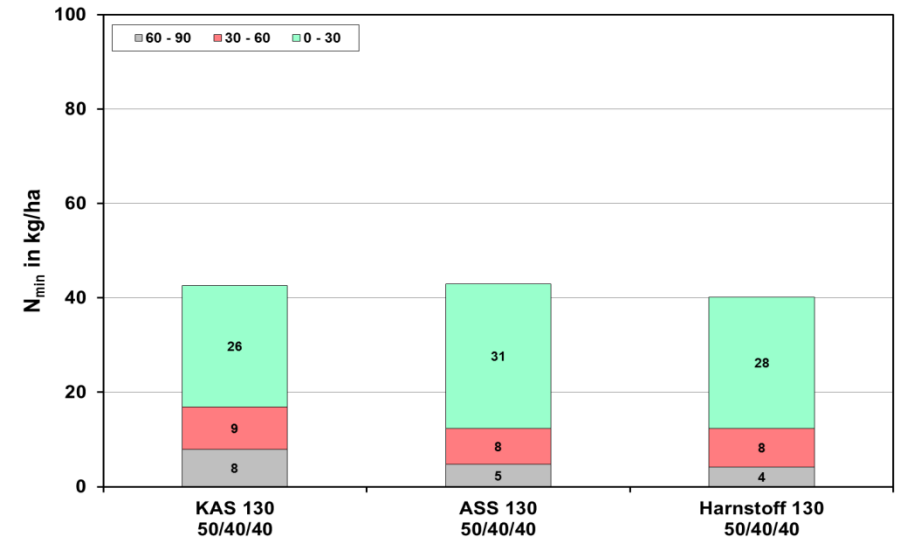


Abb. 7: N_{min}-Werte nach der Ernte bei unterschiedlichen Düngerformen zu Wintergerste, Mittel aus 2012 bis 2015, n=8

N-Bilanz

Die N-Bilanz kann dem Landwirt helfen, den Einsatz von Düngemitteln sowohl in ökonomischer als auch ökologischer Sicht zu prüfen. Ziel muss es sein, mit möglichst geringem N-Einsatz optimale Erträge und Qualitäten zu erzielen. Die in Abbildung 8 dargestellten Ergebnisse der N-Bilanzen zeigen bei allen drei Düngerformen negative Werte. Als Folge der niedrigeren N-Abfuhr bei Harnstoff war die Bilanz nahezu ausgeglichen.

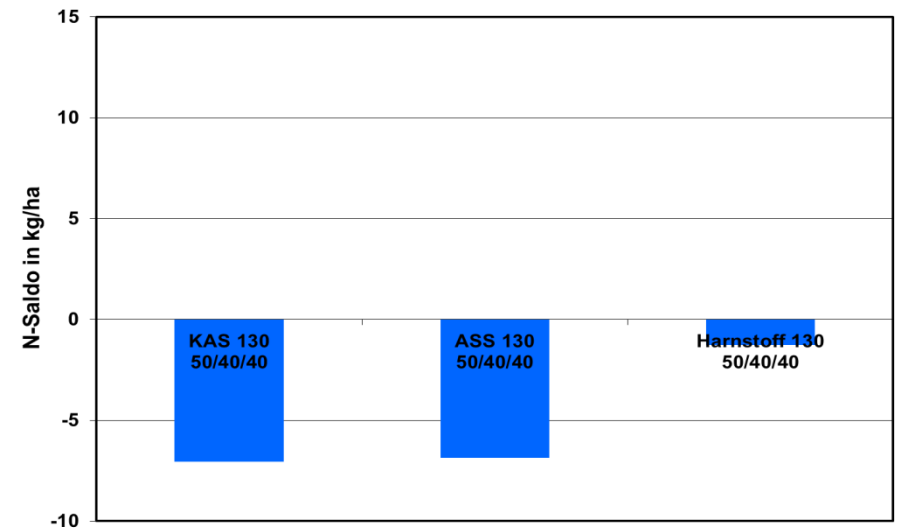


Abb. 8: N-Bilanz bei unterschiedlichen Düngerformen zu Wintergerste, Mittel aus 2012 bis 2015, n=8

Stabilisierte Düngung:

Die Wirkungsweise und Anwendung dieser Dünger unterscheidet sich grundsätzlich von der herkömmlichen Düngung mit z. B. KAS. Auf Grund der Stickstoffzusammensetzung und den zugesetzten Hemmstoffen ergibt sich eine N-Dynamik die bei der Anwendung beachtet werden muss. Die Ammoniumphase wird verlängert, die Nitratanlieferung verzögert. In Tabelle 2 ist die Zusammensetzung der im Versuch geprüften Dünger einschließlich der darin enthaltenen Nitrifikationshemmstoffe dargestellt.

Tab. 2:

Dünger (N %)	KAS (27)	ENTEC (26)	Alzon (46)
kg/dt	Anteil der N-Form in %		
Nitrat	50	30	-
Ammonium	50	70	-
Amid	-	-	100
Hemmstoff	-	3,4-DMPP	DCD u. Triazol

Neben den Varianten mit einer Düngung von KAS, ENTEC oder Alzon wurde im Versuch auch die Kombination von stabilisierten Düngern mit KAS geprüft. In Abbildung 9 sind die Erträge und Rohproteingehalte dargestellt. Dabei wird deutlich, dass die höchsten Erträge bzw. Rohproteingehalte mit KAS bzw. in der Kombination KAS/ENTEC oder KAS/Alzon erzielt werden. Der niedrigste Ertrag wurde in der Variante mit Alzon erzielt, der Grund hierfür dürfte das Fehlen eines schnell wirksamen Stickstoffanteils zu Vegetationsbeginn sein. Mit den stabilisierten Düngern war in der Tendenz ein leichter Ertragsrückgang verbunden.

N_{min}-Werte

Bei den N_{min}-Werten (0 bis 90 cm Tiefe), dargestellt in Abbildung 10, sind nur geringe Unterschiede zu erkennen. Diese bewegen sich nach Ernte der Wintergerste mit ca. 40 kg N/ha im normalen/mittleren Bereich. Somit ist die Gefahr einer Nitratverlagerung über die Wintermonate relativ gering. Ein Einfluss stabilisierter Dünger auf die N_{min}-Werte war in diesem Versuch nicht festzustellen.

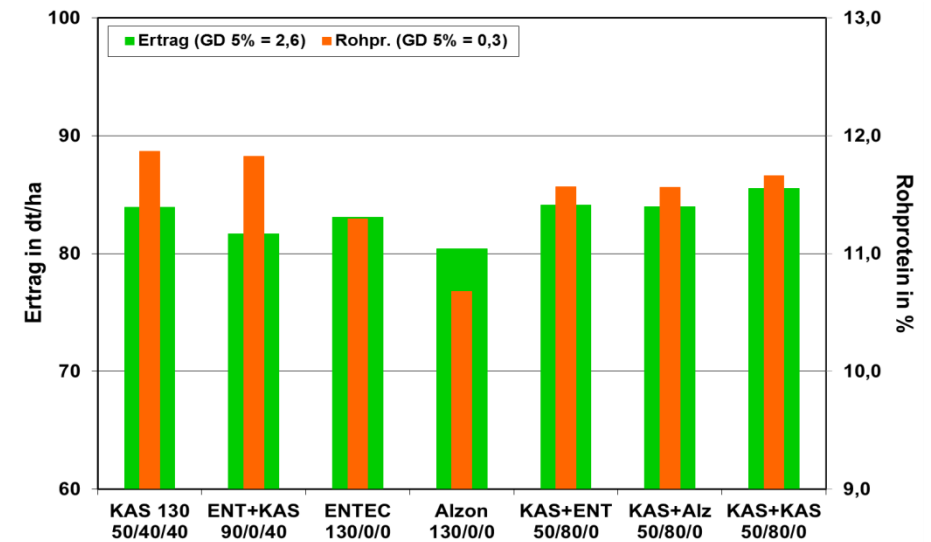


Abb. 9: Erträge und Rohproteingehalte bei Wintergerste mit stabilisierten Düngern, Mittel aus 2012 bis 2015, n=8

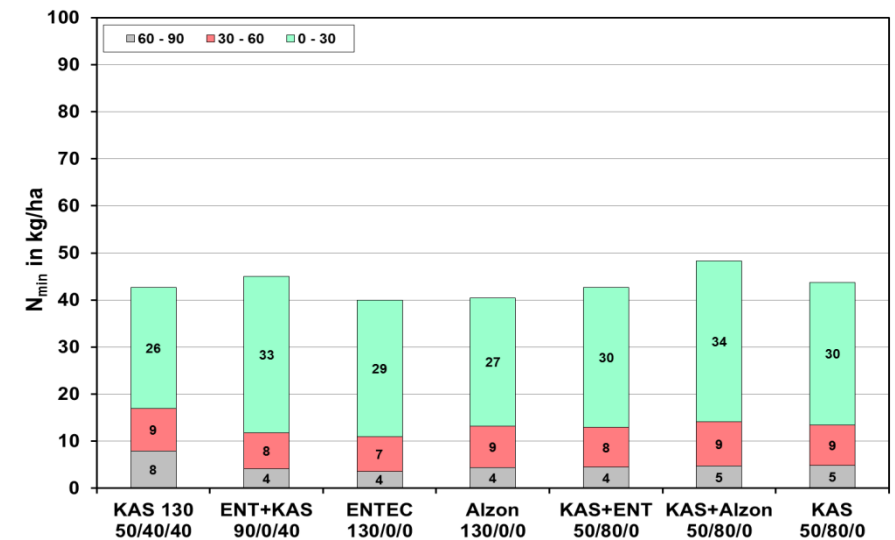


Abb. 10: N_{min}-Werte nach Ernte der Wintergerste mit stabilisierten Düngern, Mittel aus 2012 bis 2015, n=8

N-Bilanz

Die in Abbildung 11 dargestellten Ergebnisse der N-Bilanzen weisen in der Alzon-Variante den höchsten Wert aus. Grund hierfür sind die niedrigeren Erträge und Rohproteingehalte was zu einer geringeren N-Abfuhr führte. In den restlichen Varianten wurden ausgeglichene bzw. leicht negative Werte festgestellt.

Injektionsdüngung:

Eine Sonderform der N-Düngung, auch Cultanverfahren genannt, stellt die Injektionsdüngung dar. Die Düngung mit diesem System bedeutet grundsätzlich eine ammoniumbetonte N-Versorgung der Pflanzen, wobei der Dünger mit einem speziellen Gerät in den Boden eingebracht wird. Dabei wird die gesamte N-Menge in einer Gabe im Frühjahr gegeben. In Tabelle 3 sind die in diesem Versuch verwendeten Flüssigdünger und deren Stickstoff- und Schwefelgehalte dargestellt.

Tab. 3:

Dünger (N/S%)	KAS (27/0)	Domamon (20/6)	Piasan (25/6)	ASL (8/9)
kg/dt	Anteil der N-Form in %			
Nitrat	50	-	20	-
Ammonium	50	30	35	100
Amid	-	70	45	-

In Abbildung 12 sind die Erträge und Rohproteingehalte dargestellt. Mit ca. 84 dt/ha wurden in der KAS-Variante, aufgeteilt in 3 Gaben, die besten Ergebnisse erzielt. Dagegen lagen diese in den Injektionsdüngungsvarianten bei 74 bis 81 dt/ha und fielen somit deutlich ab, wobei die alleinige ASL-Variante noch am besten abschnitt. Die Rohproteinwerte bewegten sich zwischen 10,0 % und 11,6 %. Die höheren Gehalte waren in den Varianten mit KAS-Düngung zu finden.

In Tabelle 4 (nächste Seite) sind die Niederschlagsmengen (Jahr gesamt / Frühjahr) der Jahre 2013 (nasses Jahr) und 2015 (trockenes Jahr) sowie die Erträge im Vergleich KAS mit den vier Injektionsvarianten dargestellt. Dabei ist zu erkennen, dass die Relativerträge der Injektionsvarianten auf beiden Standorten im trockenen Jahr 2015 (rel. 96) geringfügig über denen des nassen Jahres 2013 (rel. 92 bzw. 93) lagen (rel. KAS = 100%). Diese sind aber statistisch nicht abgesichert.

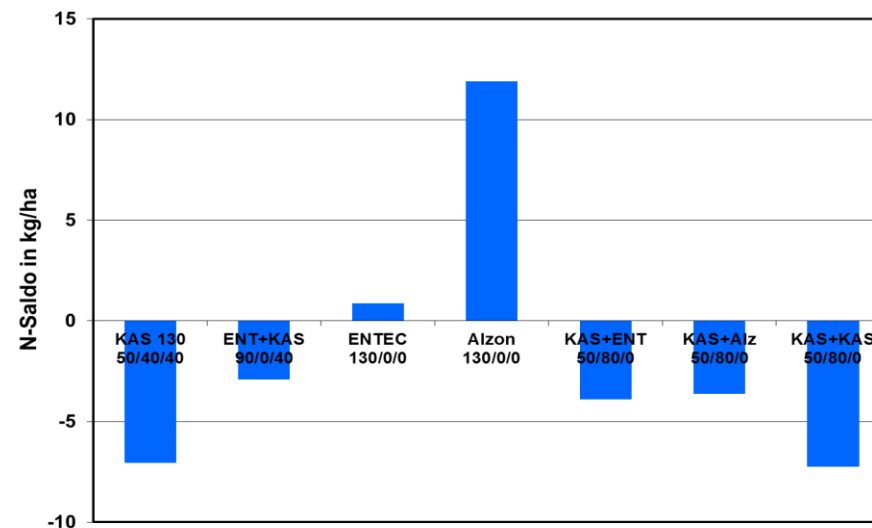


Abb. 11: N-Bilanz bei verschiedenen stabilisierten Düngern zu Wintergerste, Mittel aus 2012 bis 2015, n=8

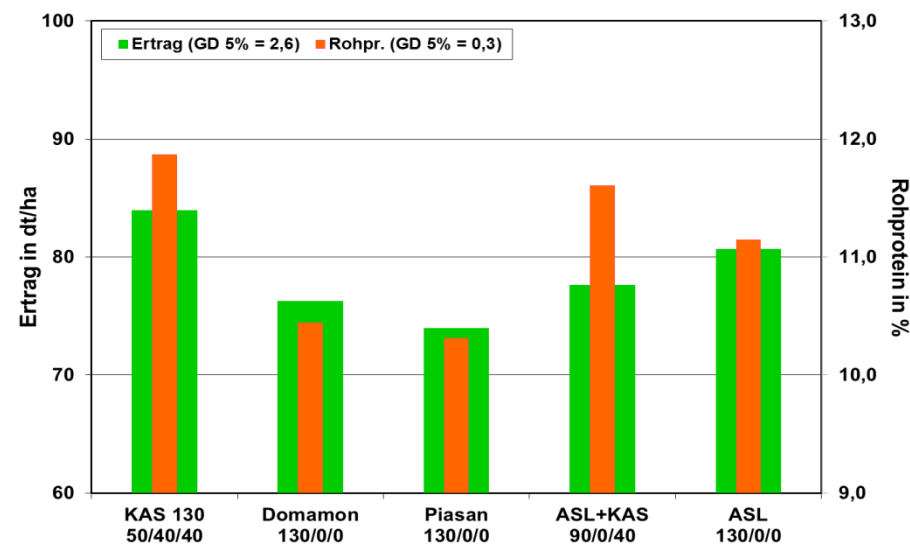


Abb. 12: Erträge und Rohproteingehalte bei Wintergerste mit Injektionsdüngung, Mittel aus 2012 bis 2015, n=8

Tab. 4:

Weiterndorf	Niederschlag mm		KAS 130N dt/ha	Inj. 130N (4 Var) dt/ha	Rel. KAS=100
	Jahr ges.	Feb-Mai			
2013	736	255	91,4	84,7	93
2015	528	113	101,5	97,2	96
Scheßlitz					
2013	892	336	82,0	75,2	92
2015	566	96	92,9	88,7	96

N_{min}-Werte

Bei den N_{min}-Werten (0 bis 90 cm Tiefe), dargestellt in Abbildung 13, sind keine bzw. nur geringe Unterschiede zu erkennen. Diese bewegen sich nach Ernte der Wintergerste mit ca. 40 kg N/ha im normalen/mittleren Bereich. Somit ist die Gefahr einer Nitratverlagerung über die Wintermonate relativ gering. Ein Einfluss der im Injektionsverfahren ausgebrachten Flüssigdünger auf die N_{min}-Werte war in diesem Versuch nicht festzustellen.

N-Bilanz

In Abbildung 14 sind die N-Salden verschiedener Düngevarianten dargestellt. Dabei wiesen die Varianten Domamon und Piasan mit 20 bis 25 kg N/ha deutliche Bilanzüberhänge aus. Dagegen lagen die Werte in den restlichen Varianten im nahezu ausgewogenen Bereich, wobei die Düngung mit KAS einen leicht negativen Saldo zur Folge hatte.

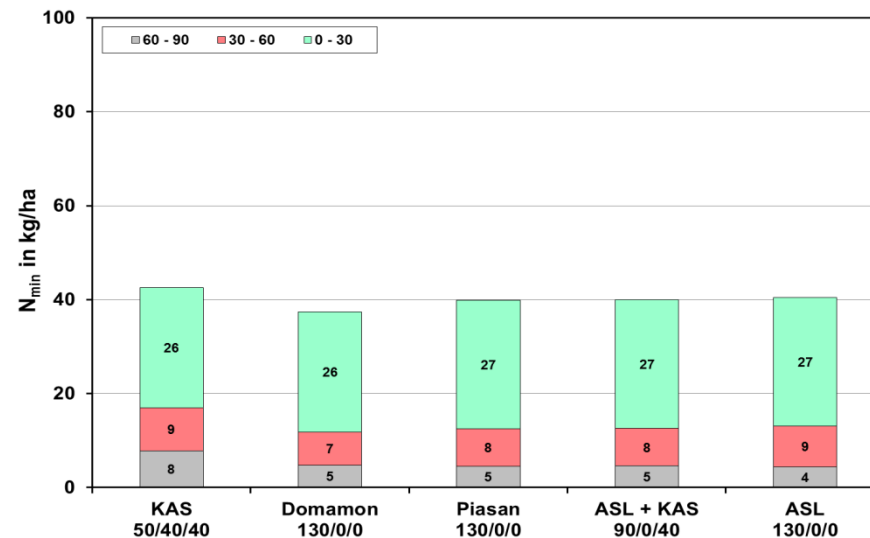


Abb. 13: N_{min}-Werte nach Ernte der Wintergerste mit Injektionsdüngung, Mittel aus 2012 bis 2015, n=8

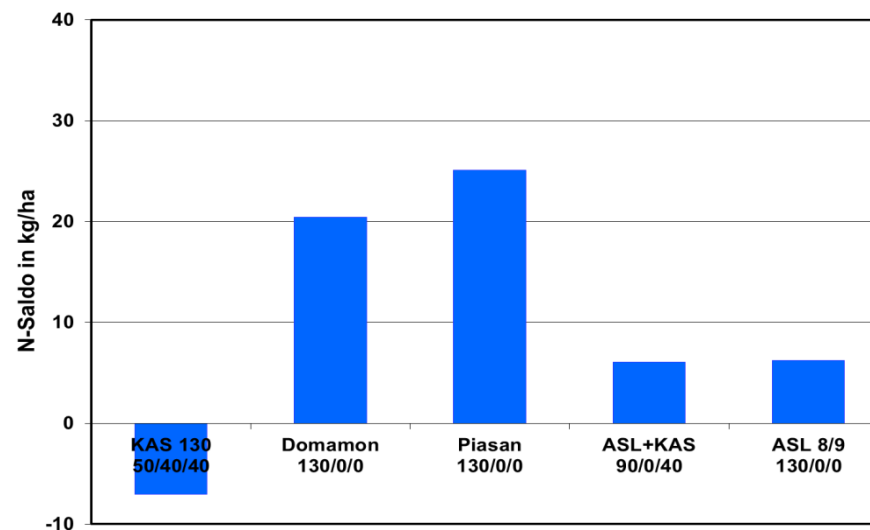


Abb. 14: N-Bilanz bei Wintergerste mit Injektionsdüngung, Mittel aus 2012 bis 2015, n=8

Fazit

- Herbstdüngung:
 - führt zu niedrigeren Erträgen und Rohproteingehalten
 - erhöht die N-Auswaschungsgefahr über den Winter
 - aus Gründen des Grundwasserschutzes ist eine Herbstdüngung zu Wintergerste nicht zu empfehlen
- Düngerform:
 - die Düngerformen KAS, ASS und Harnstoff haben in etwa die gleich gute Ertragswirkung
 - die in der Tendenz leichten Ertragsrückgänge bei Harnstoff könnten evtl. auf gasförmige Verluste zurückzuführen sein.
 - Düngerform übt keinen Einfluss auf N_{\min} -Werte nach der Ernte aus
- Stabilisierte Dünger (ENTEC, Alzon):
 - keine Ertragsvorteile gegenüber KAS
 - keine Veränderung der N_{\min} -Werte nach der Ernte durch den Einsatz von stabilisierten Düngern
 - bei Alzon in einer Gabe deutlicher Bilanzüberhang
- Injektionsdüngung:
 - bei allen Varianten signifikante Ertragseinbußen
 - bei alleiniger Injektionsdüngung signifikant geringere Rohproteingehalte
 - Domamon und Piasan wirken deutlich schlechter als ASL
 - kein Einfluss auf N_{\min} -Werte nach der Ernte
 - ASL enthält neben 8 % Stickstoff auch 9 % Schwefel, evt. Auswaschungsgefahr
- Ausbringung der N-Gesamtmenge in einer Gabe, keine Anpassungsmöglichkeit während der Vegetation
- Niederschlagsmenge/ -verteilung übt kaum einen Einfluss auf die Erträge aus