

Versuchsergebnisse aus Bayern 2012 bis 2015

N-Düngung bei Winterweizen (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	5
Rotthalmünster	6
Köfering	7
Scheßlitz	8
Weiterndorf	9
Giebelstadt	10
Alle Orte	11
Kommentar	12
Allgemeine Versuchsbeschreibung	12
Niederschläge	12
Funktion und Beschreibung der Düngesysteme	14
Fazit	19

N-Düngung bei Winterweizen (Düngerform, stabilisierte Dünger, Injektion)

Versuch 540

Versuchsbeschreibung

In den Jahren 2012 bis 2015 wurden an fünf Standorten Feldversuche zur Optimierung der Stickstoffdüngung zu Winterweizen 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 ausgebracht wurden. Verschiedene Flüssigdünger mit hohem NH_4 -Anteil (Domamon, Piasan, ASL) wurden im Injektionsverfahren in einer Gabe im zeitigen Frühjahr oder zum Stadium 31 (1-Knoten-Stadium) ausgebracht.

Standortbeschreibung

Ort	Giebelstadt	Köfering	Rotthalmünster
Landkreis	Würzburg	Regensburg	Passau
Landschaft	Fränkisches Gäu	Niederbayerisches Gäu	Tertiär-Hügelland
Ø Jahresniederschläge (mm)	676	646	750
Ø Jahrestemperatur (°C)	8,4	7,9	8,1
Höhe über NN (m)	310	349	375
Bodentyp	Parabraunerde	Braunerde	Parabraunerde
Bodenart	IS	sL	sL
Geologische Herkunft	Löss	Löss	Diluvium
Ackerzahl	80	78	ca. 70

Bodenuntersuchung

Versuchsjahr	2012	2013	2014	2015	2012	2013	2014	2015	2012	2013	2014	2015
pH-Wert	nicht	7,0	6,8	7,2	6,9	7,5	7,0	7,3	nicht	5,9	5,7	5,7
P ₂ O ₅ (mg/100 g Boden)	wert	10	13	14	16	14	18	38	ange-	18	13	13
K ₂ O (mg/100 g Boden)	bar	15	18	18	14	19	13	17	legt	18	11	11
N _{min} -Gehalt im Frühjahr (kg/ha)												
0 - 30 cm	26	14	19	17	28	25	21	20		21	18	20
30 - 60 cm	24	10	20	8	20	24	20	14		12	15	13
60 - 90 cm	26	10	24	10	16	16	21	14		13	7	11
0 - 90 cm	76	34	63	35	64	65	62	48		46	40	44

N-Düngung bei Winterweizen (Düngerform, stabilisierte Dünger, Injektion)

Versuch 540

Standortbeschreibung

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

Bodenuntersuchung

Versuchsjahr	2012	2013	2014	2015	2012	2013	2014	2015
pH-Wert	5,9	6,3	7,3	6,8	7,0	7,0	6,9	nicht
P ₂ O ₅ (mg/100 g Boden)	6	6	9	22	11	10	8	wert
K ₂ O (mg/100 g Boden)	16	16	9	17	16	14	22	bar
N _{min} -Gehalt im Frühjahr (kg/ha)								
0 – 30 cm	23	23	29	38	29	17	21	
30 – 60 cm	11	16	13	5	12	7	24	
60 – 90 cm	14	21	25	8	18	9	58	
0 – 90 cm	48	60	67	51	59	33	103	

N-Düngung bei Winterweizen (Düngerform, stabilisierte Dünger, Injektion)
Versuch 540
Düngeplan

Vgl.	Düngungsstufe *	N-Düngung (kg/ha)				Bemerkung
		N-Gabe Herbst	N 1. Gabe zeitig. Frühj.	N 2.Gabe BBCH 31	N 3.Gabe BBCH 39	
1	KAS 0	0	0	0	0	
2	KAS 120 N	0	40	40	40	
3	KAS 160 N	0	50	50	60	
4	KAS 190 N	0	60	60	70	
5	KAS 220 N	0	70	70	80	
6	Entec 26 + KAS 3. Gabe	0	100 Entec	0	60	
7	Alzon 46 + KAS 3. Gabe	0	100 Alzon	0	60	
8	KAS 50 N + KAS 110 N	0	50	110	0	
9	ASS 160 N	0	50	50	60	
10	Harnstoff 160 N (Korn)	0	50	50	60	
11	KAS + Entec 26	0	50	110 Entec	0	
12	KAS + Alzon 46	0	50	110 Alzon	0	
13	Injektion Domamon 20/6	0	0	160 Cultan	0	Cultan BBCH 30
14	Injektion Piasan 25/6	0	0	160 Cultan	0	Cultan BBCH 30
15	Injektion ASL 8/9+KAS 3.Gabe	0	0	100 Cultan	60 KAS	Cultan BBCH 30
16	Injektion ASL 8/9	0	0	160 Cultan	0	Cultan BBCH 30
17	Injektion ASL 8/9 (zeit. Frühj.)	0	160 Cultan	0	0	
18*	Rindergülle 120 N Feb./März	0	120 Nschnell	N-Sensor	N-Sensor	

* Vgl. 18 nur in Rotthalmünster und Weiterndorf

N-Düngung bei Winterweizen (Düngerform, stabilisierte Dünger, Injektion)

Versuch 540

Rotthalmünster

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

Vgl.	Düngungsstufe *	Ernte 2012		Ernte 2013		Ernte 2014		Ernte 2015		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	nicht angelegt		50,6	10,2	59,7	9,6	43,6	10,4	48,1	10,0
2	KAS 120 N		80,3	11,9	93,2	10,8	81,4	10,9	81,4	11,3	
3	KAS 160 N		83,3	12,7	103,2	11,9	89,6	12,0	87,8	12,3	
4	KAS 190 N		87,9	13,0	105,4	12,1	90,5	12,6	90,3	12,7	
5	KAS 220 N		94,7	13,4	111,3	12,7	101,8	13,0	97,0	13,2	
6	Entec 26 + KAS 3. Gabe		82,6	12,5	101,2	11,6	89,0	11,8	86,7	12,1	
7	Alzon 46 + KAS 3. Gabe		81,8	12,8	96,3	11,6	83,0	11,7	83,4	12,1	
8	KAS 50 N + KAS 110 N		91,0	12,5	100,4	11,6	86,8	11,6	88,7	12,0	
9	ASS 160 N		87,1	12,7	103,6	11,5	91,5	12,0	89,1	12,2	
10	Harnstoff 160 N (Korn)		87,3	12,6	102,7	12,0	88,5	11,5	88,4	12,2	
11	KAS + Entec 26		91,1	12,3	103,4	11,3	89,0	11,5	89,3	11,8	
12	KAS + Alzon 46		93,3	12,3	101,2	11,3	89,1	11,6	89,3	11,8	
13	Injektion Domamon 20/6		76,6	11,3	87,6	10,7	78,8	11,2	77,4	11,1	
14	Injektion Piasan 25/6		78,0	11,1	85,9	10,0	78,7	11,2	77,0	10,8	
15	Injektion ASL 8/9+KAS 3.Gabe		84,9	12,5	102,0	12,0	86,8	12,1	86,5	12,3	
16	Injektion ASL 8/9		90,4	12,2	98,4	11,3	85,9	12,0	87,2	12,0	
17	Injektion ASL 8/9 (zeit. Frühj.)		86,2	11,8	104,5	11,7	86,6	11,3	88,5	11,7	
18*	Rindergülle 120 N Feb./März				82,9	12,1	100,4	11,7	95,6	12,8	
GD 5%				3,3		4,0		4,3			

* Vgl. 18 nur in Rotthalmünster und Weiterndorf

** adjustierte Werte

N-Düngung bei Winterweizen (Düngerform, stabilisierte Dünger, Injektion)

Versuch 540

Köfering

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

Vgl.	Düngungsstufe *	Ernte 2012		Ernte 2013		Ernte 2014		Ernte 2015		2012 – 2015**	
		Ertrag dt/ha	RP %	Ertrag dt/ha	RP %						
1	KAS 0	57,2	8,8	56,4	9,5	86,4	9,1	56,0	8,3	64,0	8,9
2	KAS 120 N	88,4	11,2	95,3	11,0	112,4	11,9	88,8	11,5	96,2	11,4
3	KAS 160 N	95,4	12,3	100,1	11,9	116,9	12,9	95,7	12,2	102,0	12,3
4	KAS 190 N	97,0	13,1	102,3	12,3	116,2	13,5	99,8	13,4	103,8	13,1
5	KAS 220 N	98,9	13,8	104,6	13,0	117,3	13,6	102,2	13,9	105,7	13,6
6	Entec 26 + KAS 3. Gabe	91,1	12,1	100,8	12,6	112,3	12,4	93,0	12,6	99,3	12,4
7	Alzon 46 + KAS 3. Gabe	94,5	12,4	100,4	11,8	112,5	12,7	93,8	12,2	100,3	12,3
8	KAS 50 N + KAS 110 N	94,1	12,1	99,1	12,2	117,5	12,2	98,3	12,1	102,2	12,1
9	ASS 160 N	93,9	12,7	100,2	12,1	110,0	12,4	93,5	12,6	99,4	12,5
10	Harnstoff 160 N (Korn)	93,5	12,4	99,8	12,0	114,0	12,4	94,6	11,9	100,5	12,2
11	KAS + Entec 26	93,4	11,8	100,9	11,9	112,6	11,7	95,2	11,5	100,5	11,7
12	KAS + Alzon 46	96,0	12,0	97,2	11,6	113,8	11,9	96,7	11,6	100,9	11,8
13	Injektion Domamon 20/6			87,2	10,8	106,7	10,8	89,0	11,4	90,9	11,1
14	Injektion Piasan 25/6			86,3	10,7	107,6	11,0	88,8	11,3	90,6	11,0
15	Injektion ASL 8/9+KAS 3.Gabe			94,8	12,0	109,0	12,2	92,2	12,5	95,6	12,3
16	Injektion ASL 8/9			95,4	11,6	110,9	12,1	95,8	11,9	97,6	12,0
17	Injektion ASL 8/9 (zeit. Frühj.)			97,6	11,2	114,6	11,7	97,5	11,0	100,1	11,5
18*	Rindergülle 120 N Feb./März	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
GD 5%		2,9		2,7		5,2		3,5			

* Vgl. 18 nur in Rotthalmünster und Weiterndorf

** adjustierte Werte

N-Düngung bei Winterweizen (Düngerform, stabilisierte Dünger, Injektion)

Versuch 540

Scheßlitz

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

Vgl.	Düngungsstufe *	Ernte 2012		Ernte 2013		Ernte 2014		Ernte 2015		2012 – 2015**	
		Ertrag dt/ha	RP %	Ertrag dt/ha	RP %						
1	KAS 0	25,3	9,3	44,2	9,8	61,4	9,4	77,4	10,6	52,1	9,6
2	KAS 120 N	56,0	12,0	70,3	11,7	102,3	10,8	91,7	13,4	80,1	12,0
3	KAS 160 N	59,3	13,2	76,5	12,8	111,4	11,7	94,1	14,0	85,4	12,9
4	KAS 190 N	61,6	13,8	77,1	13,4	114,7	12,5	93,9	14,1	86,8	13,5
5	KAS 220 N	64,4	13,8	77,8	13,6	116,3	13,2	93,8	14,3	88,1	13,7
6	Entec 26 + KAS 3. Gabe	61,9	12,5	73,8	12,6	110,0	11,3	93,7	13,4	84,9	12,5
7	Alzon 46 + KAS 3. Gabe	53,0	13,2	76,5	12,6	107,5	11,7	93,3	13,7	82,6	12,8
8	KAS 50 N + KAS 110 N	66,4	12,2	75,7	13,1	110,2	11,6	94,3	13,9	86,6	12,7
9	ASS 160 N	58,5	13,4	71,7	13,1	109,6	11,7	93,3	13,7	83,3	13,0
10	Harnstoff 160 N (Korn)	57,3	13,0	74,5	12,9	111,1	11,6	92,4	13,9	83,8	12,9
11	KAS + Entec 26	58,9	12,1	72,9	13,1	107,3	11,2	95,0	13,0	83,5	12,3
12	KAS + Alzon 46	60,5	12,6	75,0	12,9	108,1	11,5	94,6	13,6	84,5	12,7
13	Injektion Domamon 20/6			67,6	12,1	95,7	10,5	91,0	13,2	78,8	11,8
14	Injektion Piasan 25/6			68,1	11,7	93,9	10,2	91,7	12,8	78,4	11,5
15	Injektion ASL 8/9+KAS 3.Gabe			69,1	12,8	106,3	11,5	92,1	14,0	83,5	12,7
16	Injektion ASL 8/9			75,0	13,3	108,5	11,6	92,8	14,1	86,2	12,9
17	Injektion ASL 8/9 (zeit. Frühj.)			78,7	13,0	107,7	11,2	94,8	13,1	88,0	12,4
18*	Rindergülle 120 N Feb./März	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
GD 5%		4,3		4,7		3,4		3,3			

* Vgl. 18 nur in Rotthalmünster und Weiterndorf

** adjustierte Werte

N-Düngung bei Winterweizen (Düngerform, stabilisierte Dünger, Injektion)

Versuch 540

Weiterndorf

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

Vgl.	Düngungsstufe *	Ernte 2012		Ernte 2013		Ernte 2014		Ernte 2015		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	53,1	8,8	67,0	10,1	39,8	8,8	nicht wertbar		53,3	9,2
2	KAS 120 N	73,8	11,6	97,3	11,7	81,3	11,5			84,1	11,6
3	KAS 160 N	74,9	13,1	102,2	12,4	75,6	12,9			84,3	12,8
4	KAS 190 N	76,7	13,4	103,5	12,8	82,3	13,2			87,5	13,1
5	KAS 220 N	78,5	13,9	107,0	13,3	84,2	13,9			89,9	13,7
6	Entec 26 + KAS 3. Gabe	79,7	12,7	100,4	12,1	75,1	12,1			85,0	12,3
7	Alzon 46 + KAS 3. Gabe	74,2	12,2	101,5	12,5	81,7	11,9			85,8	12,2
8	KAS 50 N + KAS 110 N	78,7	13,3	101,9	12,5	81,8	12,6			87,5	12,8
9	ASS 160 N	77,1	13,0	102,9	12,5	78,2	12,7			86,1	12,7
10	Harnstoff 160 N (Korn)	77,1	12,9	103,9	12,6	79,7	12,3			86,9	12,6
11	KAS + Entec 26	78,3	12,8	103,1	12,2	81,2	11,9			87,5	12,3
12	KAS + Alzon 46	75,1	12,8	100,8	12,0	81,5	11,7			85,8	12,2
13	Injektion Domamon 20/6			95,5	11,6	77,4	10,8			79,4	11,3
14	Injektion Piasan 25/6			94,0	11,9	74,7	10,6			77,6	11,3
15	Injektion ASL 8/9+KAS 3.Gabe			98,1	12,5	77,8	12,2			82,3	12,5
16	Injektion ASL 8/9			99,9	12,9	79,7	12,6			84,2	12,7
17	Injektion ASL 8/9 (zeit. Frühj.)			99,6	12,2	85,3	11,0			86,7	11,8
18*	Rindergülle 120 N Feb./März			99,9	11,9	83,3	12,1				
GD 5%		4,6		2,6		7,2					

* Vgl. 18 nur in Rotthalmünster und Weiterndorf

** adjustierte Werte

N-Düngung bei Winterweizen (Düngerform, stabilisierte Dünger, Injektion)

Versuch 540

Giebelstadt

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

Vgl.	Düngungsstufe *	Ernte 2012		Ernte 2013		Ernte 2014		Ernte 2015		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	nicht wertbar		51,7	9,4	62,0	9,1	49,6	8,1	50,5	9,0
2	KAS 120 N		86,7	11,6	97,1	11,2	84,7	11,8	84,9	11,5	
3	KAS 160 N		90,5	12,8	100,5	12,2	90,6	13,0	89,2	12,6	
4	KAS 190 N		93,4	13,5	105,1	12,6	92,7	13,3	92,3	13,1	
5	KAS 220 N		95,4	13,9	107,3	13,3	96,0	13,6	94,8	13,6	
6	Entec 26 + KAS 3. Gabe		84,7	12,3	102,0	11,8	83,5	12,4	86,1	12,2	
7	Alzon 46 + KAS 3. Gabe		83,3	12,4	97,9	11,4	84,8	12,4	84,8	12,1	
8	KAS 50 N + KAS 110 N		93,1	12,4	102,4	11,7	94,5	12,8	91,8	12,3	
9	ASS 160 N		87,4	12,1	101,3	11,9	80,2	11,9	85,9	12,1	
10	Harnstoff 160 N (Korn)		88,6	12,0	98,7	11,6	81,1	12,2	85,9	12,0	
11	KAS + Entec 26		80,7	10,3	88,9	10,3	87,1	11,1	82,7	10,8	
12	KAS + Alzon 46		82,1	10,3	88,8	10,3	84,2	11,3	82,3	10,9	
13	Injektion Domamon 20/6		86,9	11,2	91,2	10,7	80,7	11,3	81,4	11,1	
14	Injektion Piasan 25/6		82,7	10,7	90,5	10,4	81,0	10,5	80,0	10,6	
15	Injektion ASL 8/9+KAS 3.Gabe		90,7	12,6	97,9	12,0	82,2	10,2	85,9	11,8	
16	Injektion ASL 8/9		93,1	12,4	98,7	11,8	89,2	12,4	88,9	12,2	
17	Injektion ASL 8/9 (zeit. Frühj.)		90,8	11,6	107,6	11,2	96,9	11,0	93,0	11,4	
18*	Rindergülle 120 N Feb./März		--	--	--	--	--	--	--	--	--
GD 5%				2,6		4,6		3,1			

* Vgl. 18 nur in Rotthalmünster und Weiterndorf

** adjustierte Werte

N-Düngung bei Winterweizen (Düngerform, stabilisierte Dünger, Injektion)

Versuch 540

Alle Orte

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

2012 – 2015**

Vgl.	Düngungsstufe *	Rotthalmünster		Köfering		Scheßlitz		Weiterndorf		Giebelstadt		Mittel der Orte	
		Ertrag dt/ha	RP %	Ertrag dt/ha	RP %	Ertrag dt/ha	RP %	Ertrag dt/ha	RP %	Ertrag dt/ha	RP %	Ertrag dt/ha	RP %
1	KAS 0	48,1	10,0	64,0	8,9	52,1	9,6	53,3	9,2	50,5	9,0	53,6	9,4
2	KAS 120 N	81,4	11,3	96,2	11,4	80,1	12,0	84,1	11,6	84,9	11,5	85,4	11,6
3	KAS 160 N	87,8	12,3	102,0	12,3	85,4	12,9	84,3	12,8	89,2	12,6	90,0	12,6
4	KAS 190 N	90,3	12,7	103,8	13,1	86,8	13,5	87,5	13,1	92,3	13,1	92,4	13,1
5	KAS 220 N	97,0	13,2	105,7	13,6	88,1	13,7	89,9	13,7	94,8	13,6	95,4	13,5
6	Entec 26 + KAS 3. Gabe	86,7	12,1	99,3	12,4	84,9	12,5	85,0	12,3	86,1	12,2	88,6	12,3
7	Alzon 46 + KAS 3. Gabe	83,4	12,1	100,3	12,3	82,6	12,8	85,8	12,2	84,8	12,1	87,5	12,3
8	KAS 50 N + KAS 110 N	88,7	12,0	102,2	12,1	86,6	12,7	87,5	12,8	91,8	12,3	91,6	12,4
9	ASS 160 N	89,1	12,2	99,4	12,5	83,3	13,0	86,1	12,7	85,9	12,1	88,9	12,5
10	Harnstoff 160 N (Korn)	88,4	12,2	100,5	12,2	83,8	12,9	86,9	12,6	85,9	12,0	89,2	12,4
11	KAS + Entec 26	89,3	11,8	100,5	11,7	83,5	12,3	87,5	12,3	82,7	10,8	88,8	11,8
12	KAS + Alzon 46	89,3	11,8	100,9	11,8	84,5	12,7	85,8	12,2	82,3	10,9	88,7	11,9
13	Injektion Domamon 20/6	77,4	11,1	90,9	11,1	78,8	11,8	79,4	11,3	81,4	11,1	81,7	11,3
14	Injektion Piasan 25/6	77,0	10,8	90,6	11,0	78,4	11,5	77,6	11,3	80,0	10,6	80,9	11,0
15	Injektion ASL 8/9+KAS 3.Gabe	86,5	12,3	95,6	12,3	83,5	12,7	82,3	12,5	85,9	11,8	87,0	12,3
16	Injektion ASL 8/9	87,2	12,0	97,6	12,0	86,2	12,9	84,2	12,7	88,9	12,2	89,1	12,4
17	Injektion ASL 8/9 (zeit. Frühj.)	88,5	11,7	100,1	11,5	88,0	12,4	86,7	11,8	93,0	11,4	91,5	11,7
18*	Rindergülle 120 N Feb./März			--	--	--	--			--	--		
GD 5%												2,1	0,22

* Vgl. 18 nur in Rotthalmünster und Weiterndorf

** adjustierte Werte

Kommentar

Allgemeine Versuchsbeschreibung

Eine optimierte Stickstoffdüngung zu landwirtschaftlichen Kulturen ist eine Grundvoraussetzung für hohe Erträge und gleichzeitig geringen Stickstoffverlusten. Grundlage hierfür ist eine den Ertragserwartungen angepasste N-Düngemenge sowie die Einhaltung des richtigen Düngezeitpunkts. Um den Einfluss dieser Faktoren feststellen und optimieren zu können, wurden in den Jahren 2012 bis 2015 an fünf Standorten Feldversuche zur Optimierung der Stickstoffdüngung zu Winterweizen angelegt. Zum Einsatz kamen verschiedene mineralische Dünger (z. B. KAS, ASS, Harnstoff gekörnt und stabilisierte Dünger wie Alzon, Entec), die in einer, oder aufgeteilt in mehreren Gaben ausgebracht wurden. In zusätzlichen Varianten wurden verschiedene Flüssigdünger mit hohem NH₄-Anteil wie Domamon, Piasan und ASL (Ammonium-Sulfat-Lösung, zugelassenes Düngemittel das bei verschiedenen Verfahren wie Abluftreinigung oder Herstellung von Blausäure anfällt) im sogenannten Injektionsverfahren zum Teil in einer Gabe im zeitigen Frühjahr als auch zu einem späteren Termin im Stadium 30 ausgebracht.

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 bis 5 sind die Niederschlagsmengen und -verteilung der einzelnen Orte aus den Versuchsjahren 2012 bis 2015 im Vergleich zum langjährigen Mittel (1961 bis 1990) dargestellt. Inwieweit die Niederschlagsmengen der einzelnen Jahre die Ergebnisse der verschiedenen Düngevarianten beeinflussen, soll u. a. in diesem Versuch geprüft werden.

Weiterndorf (Abb.1):

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. Auffallend sind die geringen Niederschlagsmengen in den Monaten Februar bis April (Frühjahrs-trockenheit).

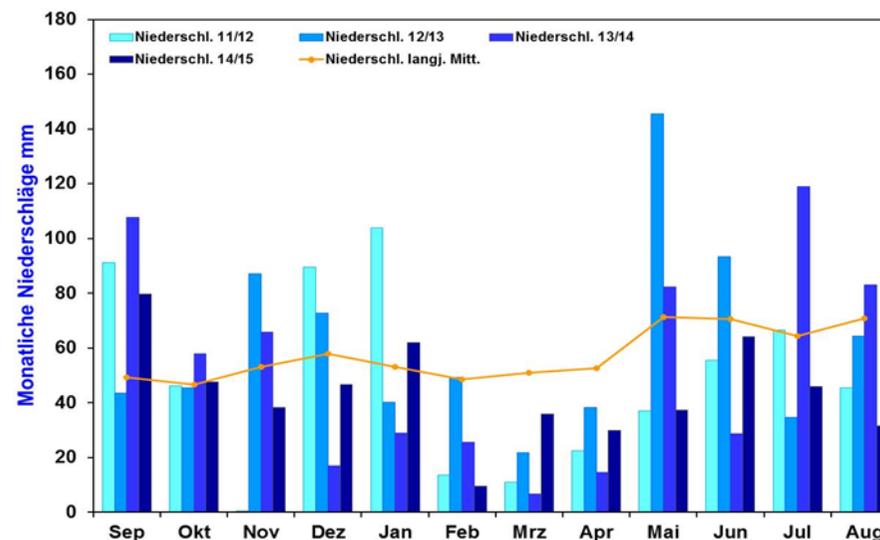


Abb.1: Niederschlagsverteilung in den Versuchsjahren 2012 bis 2015, Standort: Weiterndorf (Station Bonnhof)

Scheßlitz (Abb.2):

In den Jahren 2014 (622 mm) und 2015 (566 mm) lagen die Jahresniederschläge unter dem langjährigen Mittel (634 mm). Dagegen lagen diese in 2012 und 2013 mit 767 bzw. 892 mm deutlich über diesem. Auffallend sind die geringen Niederschlagsmengen in den Monaten März und April

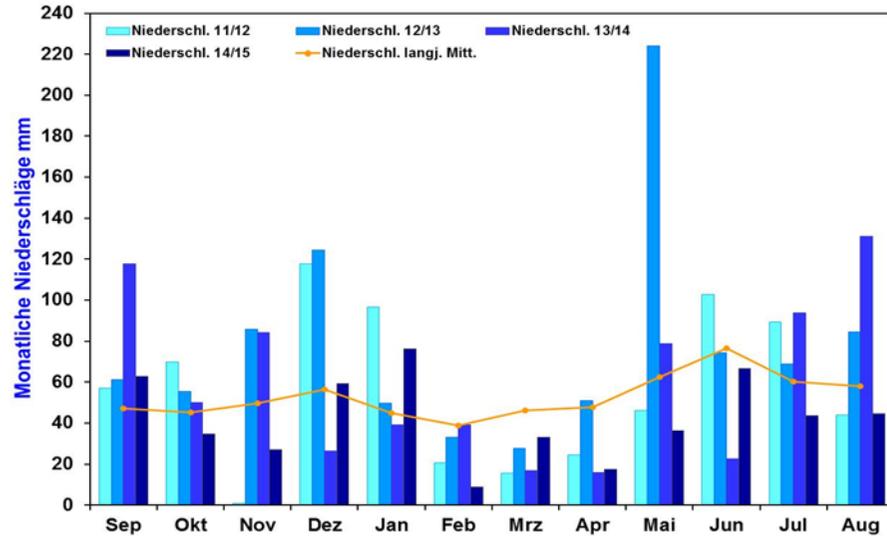


Abb. 2: Niederschlagsverteilung in den Versuchsjahren 2012 bis 2015, Standort: Scheßlitz (Station Wiesengiech)

Rotthalmünster (Abb.3):

Mit 728 mm im langjährigen Mittel ist Rotthalmünster der Standort mit den meisten Niederschlägen sowie der homogensten Niederschlagsverteilung aller geprüften Orte. Im Jahr 2015 lag die Niederschlagsmenge mit 658 mm unter diesem. In 2012 bis 2014 (711 bis 745 mm) wurden nur geringfügige Abweichungen zum langjährigen Mittel festgestellt.

Köfering (Abb.4):

In den Jahren 2014 (575 mm) und 2015 (561 mm) lagen die Jahresniederschläge erheblich unter dem langjährigen Mittel (647 mm). Dagegen lagen diese in 2012 (718 mm) deutlich und 2013 (686 mm) geringfügig darüber.

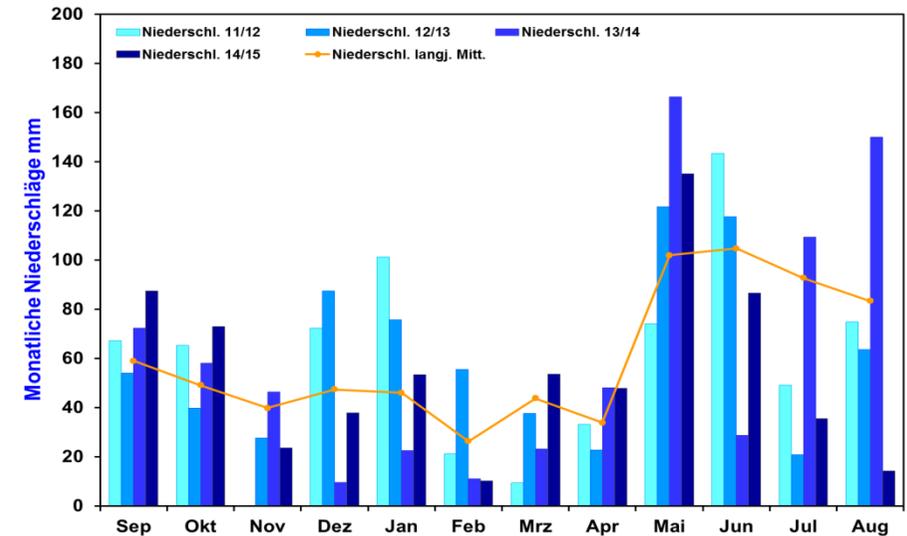


Abb. 3: Niederschlagsverteilung in den Versuchsjahren 2012 bis 2015, Standort: Rotthalmünster

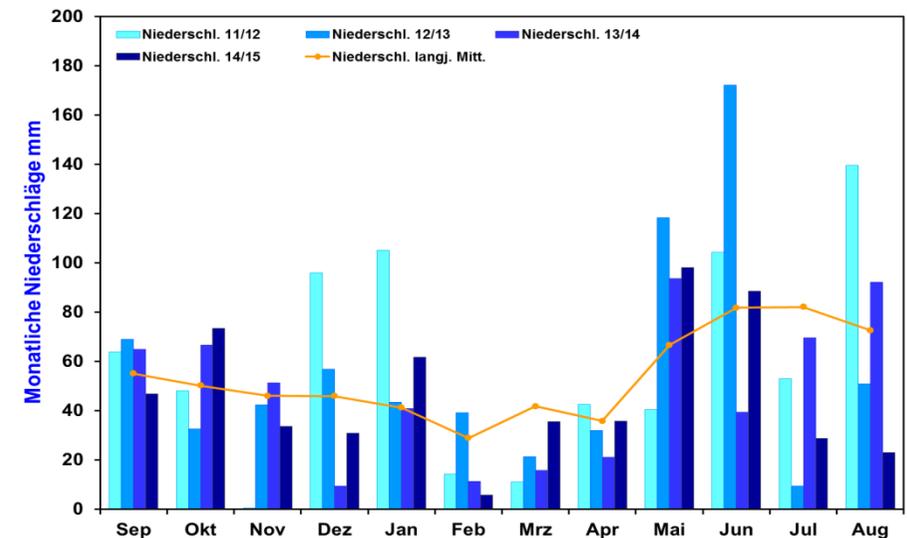


Abb. 4: Niederschlagsverteilung in den Versuchsjahren 2012 bis 2015, Standort: Köfering

Giebelstadt (Abb.5):

Mit 587 mm im langjährigen Mittel ist Giebelstadt der Standort mit den geringsten Niederschlägen. Zugleich treten hier die größten Schwankungen im Vergleich der einzelnen Jahre auf. So wurden 2014 mit 719 mm die höchsten, in 2015 mit 427 mm die niedrigsten Niederschlagsmengen innerhalb der Versuchsdauer gemessen.

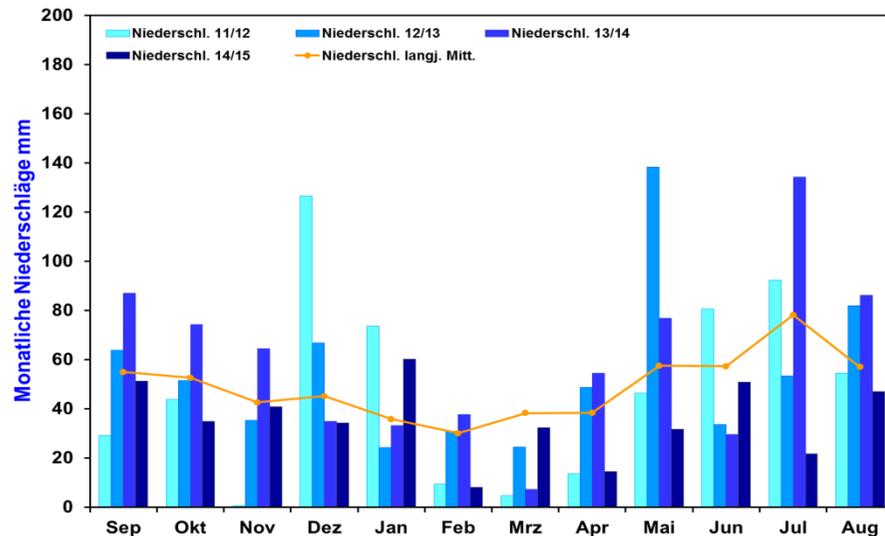


Abb. 5: Niederschlagsverteilung in den Versuchsjahren 2012 bis 2015, Standort: Giebelstadt (Station Euerhausen)

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 Ausbringgeräte (siehe Abbildung) 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 N-Menge festlegen, so dass man weniger auf die Mineralisationsbedingungen reagieren kann. Ziel dieses Verfahrens ist es auch, auf Grund der direkten Einbringung des Düngers in den Boden die N-Aufnahme der Pflanzen besonders in trockenen Jahren sicher zu stellen.



Bild.: Auslitern des Injektionsgerätes vor der Düngung

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.

In Abbildung 1 sind die Erträge und Rohproteingehalte bei Düngung mit unterschiedlichen N-Formen dargestellt. Dabei wird ersichtlich, dass mit den geprüften Düngern in etwa die gleichen Ergebnisse erzielt wurden.

N_{\min} -Werte

Unter N_{\min} versteht man den Gehalt eines Bodens an verfügbarem und mineralisiertem Stickstoff. 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 2, sind nur geringe Unterschiede zwischen den Düngerarten zu erkennen. Diese bewegten sich nach der Winterweizenernte mit ca. 40 bis 50 kg N/ha im normalen/mittleren Bereich.

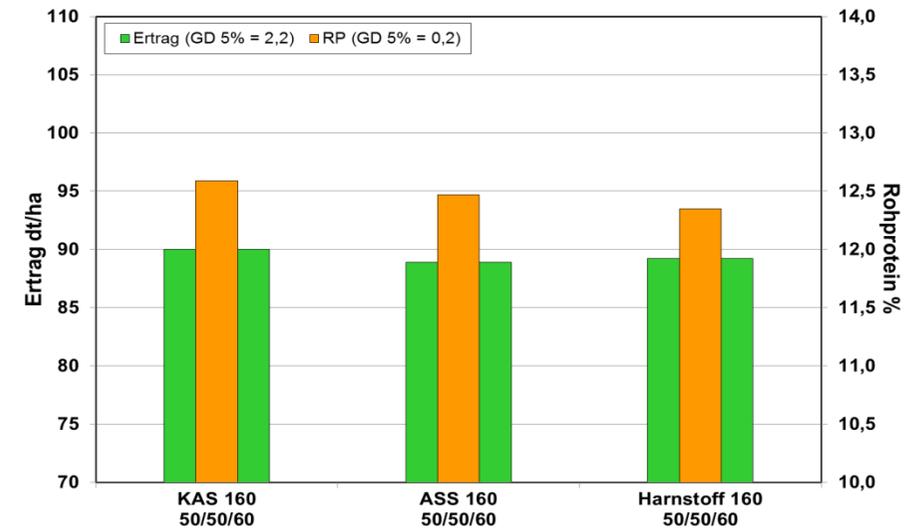


Abb. 1: Erträge und RP-Gehalte bei Winterweizen mit verschiedenen Düngerformen, Mittel aus 2012 bis 2015, n=18

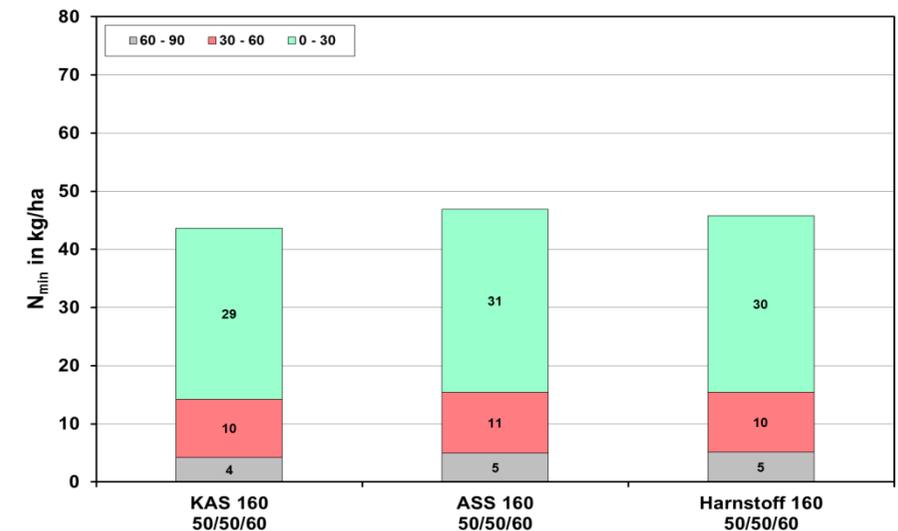


Abb. 2: N_{\min} -Werte nach der Winterweizenernte bei unterschiedlichen Düngerformen, Mittel aus 2012 bis 2015, n=18

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 3 sind die N-Salden der verschiedenen Düngevarianten dargestellt. Die Bilanzüberhänge fielen mit vier bis acht kg N/ha niedrig aus.

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

Im Versuch wurde eine reine KAS-Variante mit verschiedenen Kombinationen aus stabilisierten Düngern und KAS verglichen. In Abbildung 4 sind die Erträge und Rohproteingehalte dargestellt. Dabei wird deutlich, dass die etwas höheren Erträge bzw. Rohproteingehalte in diesem Versuch mit alleiniger KAS-Düngung erzielt wurden. Der Einsatz von stabilisierten Düngern brachte somit keine Vorteile.

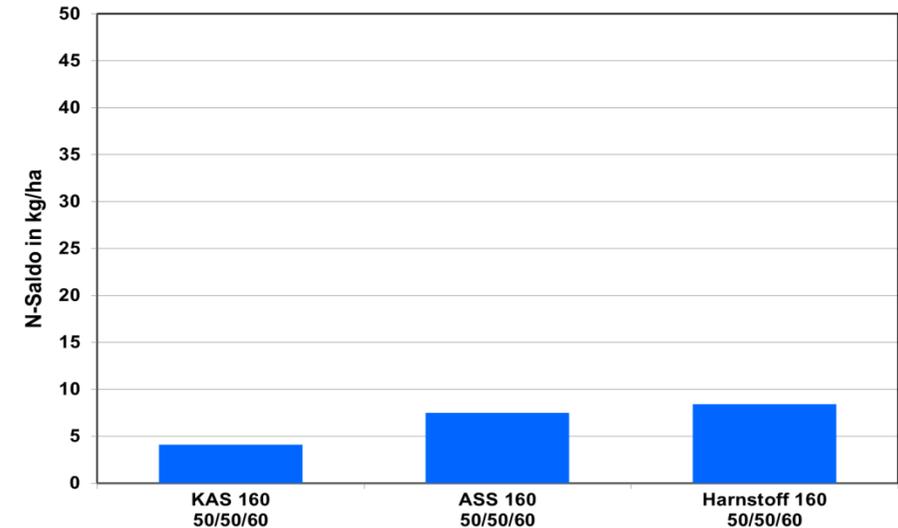


Abb. 3: N-Bilanz bei Winterweizen und verschiedenen Düngeformen, Mittel aus 2012 bis 2015, n=18

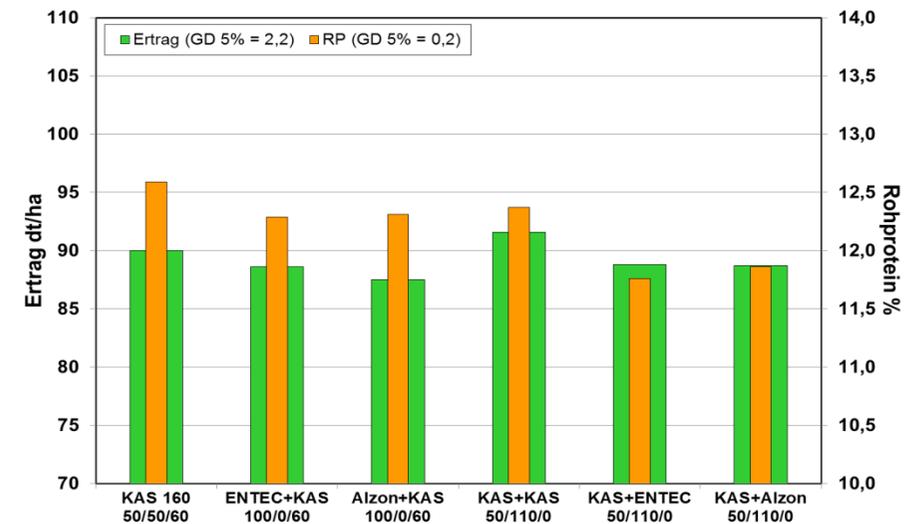


Abb. 4: Erträge und Rohproteingehalte bei Winterweizen mit stabilisierten Düngern, Mittel aus 2012 bis 2015, n=18

N_{min}-Werte

Bei den N_{min}-Werten (0 bis 90 cm Tiefe), dargestellt in Abbildung 5, sind nur geringe Unterschiede zu erkennen. Diese bewegten sich nach der Winterweizenernte mit ca. 40 kg N/ha im normalen/mittleren Bereich. Ein Einfluss stabilerer Dünger auf die N_{min}-Werte war in diesem Versuch nicht festzustellen.

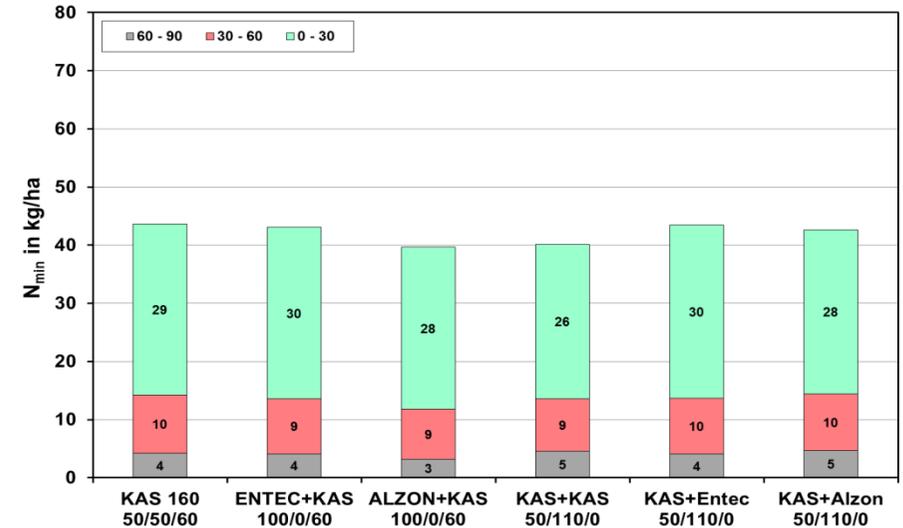


Abb. 5: N_{min}-Werte nach der Winterweizenernte bei stabilisierten Düngern, Mittel aus 2012 bis 2015, n=18

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 6 dargestellten Ergebnisse der N-Bilanzen zeigen die niedrigeren Werte in den reinen KAS-Varianten. Als Folge der niedrigen N-Abfuhr lagen die Varianten mit stabilisierten Düngern mit ca. 10 bis 15 kg N/ha höher.

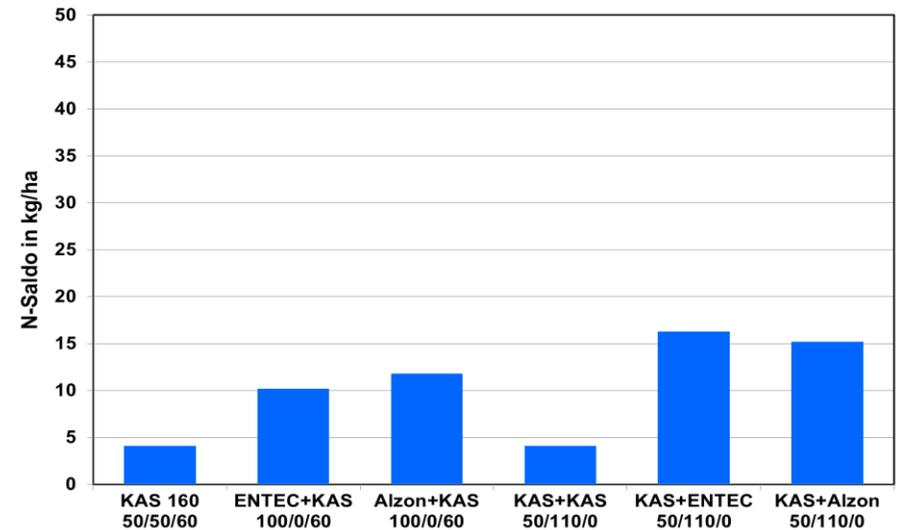


Abb. 6: N-Bilanz bei Winterweizen mit stabilisierten Düngern, Mittel aus 2012 bis 2015, n=18

Injektionsdüngung

Eine Sonderform der N-Düngung, „landläufig“ 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 sowie 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 7 sind die Erträge und Rohproteingehalte dargestellt. Die Erträge lagen in den Injektionsvarianten bei ca. 81 bis 91,5 dt/ha. Dabei wurde mit ASL in etwa der gleiche Ertrag als in der KAS-Variante erreicht. Mit ca. 81 dt/ha fielen die Injektionsvarianten mit Domamon und Piasan deutlich ab. Die Rohproteinwerte bewegten sich zwischen 11,1 und 12,6 %. Die höheren Gehalte waren in den Varianten mit KAS und ASL (N-Düngung BBCH 30) zu finden.

N_{\min} -Werte

Bei den N_{\min} -Werten (0 bis 90 cm Tiefe), dargestellt in Abbildung 8, sind nur geringe Unterschiede zu erkennen. Diese bewegten sich nach der Winterweizenernte mit ca. 40 kg N/ha im normalen/mittleren Bereich. Ein Einfluss der im Injektionsverfahren ausgebrachten Flüssigdünger auf die N_{\min} -Werte war in diesem Versuch nicht festzustellen.

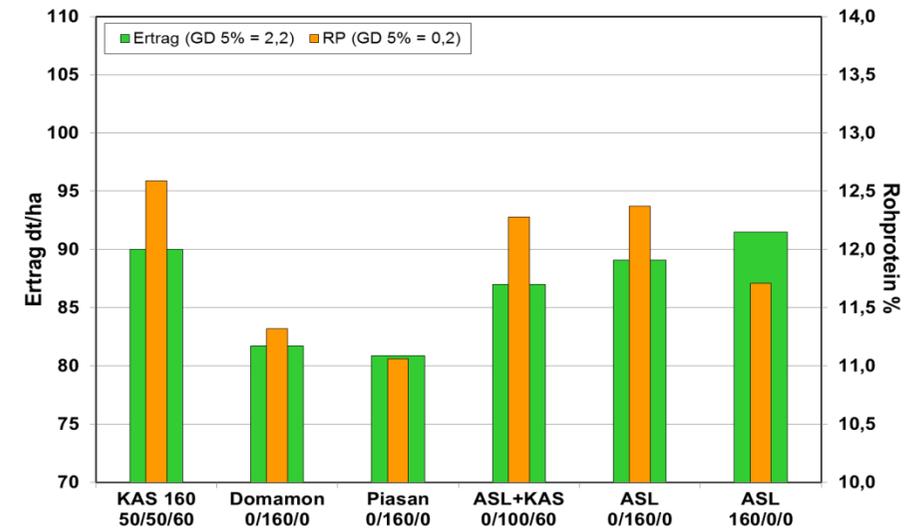


Abb. 7: Erträge und Rohproteingehalte bei Winterweizen mit Injektionsdüngung, Mittel aus 2012 bis 2015, n=18

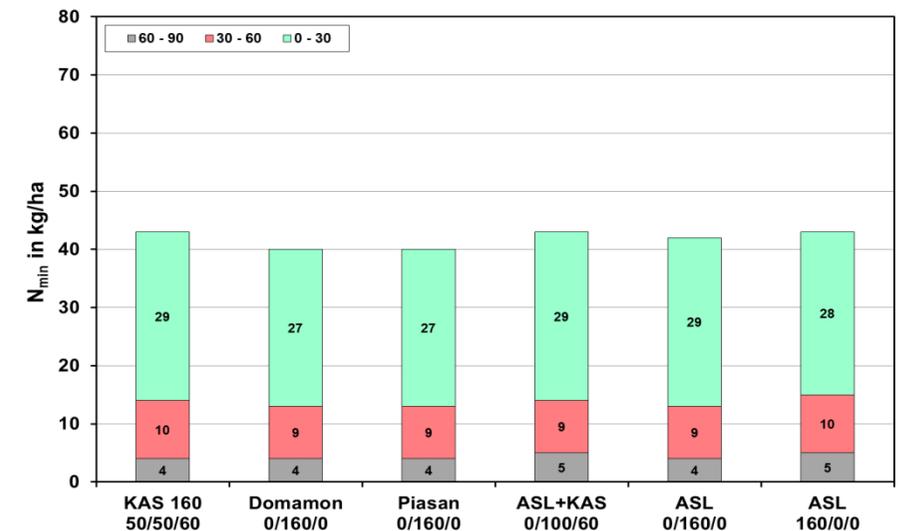


Abb. 8: N_{\min} -Werte nach Winterweizenernte mit Injektionsdüngung, Mittel aus 2012 bis 2015, n=18

N-Bilanz

In Abbildung 9 sind die N-Salden verschiedener Düngevarianten dargestellt. Dabei wiesen die Varianten Domamon und Piasan mit ca. 35 kg N/ha deutliche Bilanzüberhänge aus. Dagegen bewegten sich die Werte in den restlichen Varianten im nahezu ausgewogenen Bereich. Mit 4 kg N/ha lag KAS-Variante am niedrigsten.

Fazit

- Düngerform:
 - bei KAS, ASS und Harnstoff in etwa die gleichen Erträge und Rohproteingehalte
 - übt keinen Einfluss auf N_{\min} -Werte aus
 - N-Bilanz nahezu ausgeglichen, bei Harnstoff und ASS mit 8 kg N/ha am höchsten
- Stabilisierte Dünger (ENTEC, Alzon):
 - in der Tendenz niedrigere Erträge und Rohproteingehalte als bei KAS
 - üben keinen Einfluss auf N_{\min} -Werte aus
 - höhere Bilanzüberhänge als bei KAS
- Injektionsdüngung:
 - mit ASL konnte in etwa der gleiche Ertrag als mit der „Standarddüngung (KAS in drei Gaben) erreicht werden, bei Domamon und Piasan ist mit deutlichen Ertrags und Qualitätseinbußen zu rechnen
 - übt keinen Einfluss auf N_{\min} -Werte aus
 - bei Domamon und Piasan deutlich höhere Bilanzüberhänge
 - ASL enthält neben 8 % Stickstoff 9 % Schwefel, evt. Auswaschungsgefahr

- in Trockenjahren tendenziell höhere Erträge als in nassen Jahren

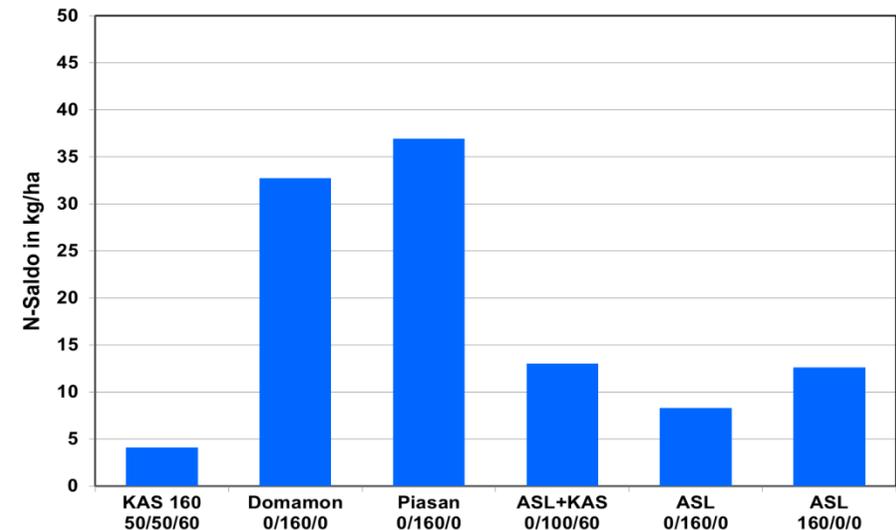


Abb. 9: N-Bilanz bei Winterweizen mit Injektionsdüngung, Mittel aus 2012 bis 2015, n=18