

Versuchsergebnisse aus Bayern 2009 – 2012

Biogasgärrestdüngung zu Silomais I: Gärrestart, Ausbringtechnik, stabilisierter Gärrest, Einarbeitung



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. Aigner, K. Offenberger, F. Lichti
Kontakt: Tel.: 08161 71-5499, Fax: 08161 71-5089
E-Mail: Matthias.Wendland@LfL.bayern.de
<http://www.LfL.bayern.de/>

Inhaltsverzeichnis

Versuchsbeschreibung	2
Standortbeschreibung.....	3
Düngeplan	4
Inhaltsstoffe der organischen Dünger	6
Speichersdorf	6
Puch.....	6
Ausbringmengen (organ. + mineral. in kg Gesamt-N/ha), Erträge (dt/ha) und NEL (GJ/ha).....	7
Speichersdorf 2009, 2010, 2011	7
Puch 2010, 2011, 2012.....	10
Kommentar	13
Wirkung von Biogasgärresten in Abhängigkeit der Ausbringmenge	13
Wirkung von Biogasgärresten in Kombination mit Mineraldüngern	17
Wirkung von Biogasgärresten in Abhängigkeit der Gärrestart und der Einarbeitung	20
Der Einsatz von Biogasgärresten mit Nitrifikationsinhibitoren (Entec)	22
Wirkung von Biogasgärresten in Abhängigkeit des Ausbringzeitpunktes	25
Fazit.....	29

Versuchsbeschreibung

Mit der starken Zunahme der Biogasanlagen in Bayern fallen auch hohe Mengen an Biogasgärrest an. In Bayern wurden 2012 durchschnittlich ca. 23 kg N/ha aus Biogasanlagen auf landwirtschaftlichen Flächen ausgebracht. Silomais ist eine der wichtigsten Fruchtarten zur Substraterzeugung in Biogasanlagen. Zur Optimierung der Stickstoffwirkung von Gärresten zu Silomais wurde von 2009 bis 2012 in Fürstenfeldbruck (Puch) und in Bayreuth (Speichersdorf) ein Versuch angelegt.

Durch die Ausbringung von Gärresten sollen die enthaltenen Nährstoffe möglichst effektiv genutzt und mineralische Düngemittel ersetzt werden. Geprüft wurden Fragen zur Gärrestdüngung wie z.B. unterschiedliche Ausbringungsmengen, Gärreste flüssig und fest, verschiedene Ausbringzeiten, mit und ohne mineralische Ergänzungsdüngung und Zusätze zur Stabilisierung des Stickstoffs im Gärrest. Als Vergleich wurde Rindergülle eingesetzt.

Ziel des Versuchs ist die Optimierung der Produktionstechnik sowohl in ökonomischer (hohe Erträge) als auch in ökologischer Sicht (geringe Umweltbelastung).

Die Standardvariante stellt einen Betrieb dar, dessen Gärrestanfall zu 100 % („100 % BGR“) auf die Flächen (mit Substratproduktion) ausgebracht wird. Zu der Standardvariante „100 % BGR“ wurde in Speichersdorf eine Gärrestmenge von ca. 55 m³/ha mit einem durchschnittlichen N-Gehalt von 4,3 kg N-Gesamt/m³ ausgebracht, in Puch eine Gärrestmenge von ca. 46 m³/ha mit einem durchschnittlichen N-Gehalt von 4,5 kg N-Gesamt/m³.

Standortbeschreibung

Ort	Speichersdorf			Puch		
Landkreis	Bayreuth			Fürstenfeldbruck		
Landschaft	Nordbayerisches Hügelland			Moränenhügelland, Schotter		
Ø Jahresniederschlag (mm)	733			920		
Ø Jahrestemperatur (°C)	8,3			8		
Höhe über NN (m)	450			550		
Bodentyp	Braunerde			Parabraunerde		
Bodenart	Lehmiger Sand, sandiger Lehm			Lehm		
Geologische Herkunft	Keuper, Muschelkalk/Alluvium			Löss		
Ackerzahl	ca. 38			ca. 66		
Versuchsjahr	2009 – 2011			2010 - 2012		
pH-Wert	6,0			6,4		
P₂O₅ (mg/100 g Boden)	23 - 26			12		
K₂O (mg/100 g Boden)	32 - 44			18		
N_{min}-Gehalt im Frühjahr (kg/ha)	2009	2010	2011	2010	2011	2012
0 - 30 cm	13	12	27	-	21	29
30 - 60 cm	17	14	20	-	4	15
60 - 90 cm	10	16	15	-	3	11

Düngeplan

Vgl. Nr.	Art der organischen Düngung	Ausbringtechnik	Einarbeitung	Düngemenge				
				Organisch*			Mineralisch kg N/ha	
				Frühjahr	Vor Saat	BBCH 17-32	Vor Saat	BBCH 17-32
1	Biogasgärrest Standard	Breitverteilung	24 Stunden	0	100	0	0	0
2	Rindergülle	Breitverteilung	24 Stunden	0	100	0	0	0
3	Biogasgärrest sep. flüssig	Breitverteilung	24 Stunden	0	100	0	0	0
4	Biogasgärrest sep. fest	Breitverteilung	24 Stunden	0	100	0	0	0
5	Biogasgärrest Standard	Breitverteilung	sofort	0	100	0	0	0
6	Rindergülle	Breitverteilung	sofort	0	100	0	0	0
7	Biogasgärrest sep. flüssig	Breitverteilung	sofort	0	100	0	0	0
8	Biogasgärrest sep. fest	Breitverteilung	sofort	0	100	0	0	0
9	Biogasgärrest Standard	Breitverteilung	3 Stunden	0	100	0	0	0
10	Biogasgärrest Standard	Breitverteilung	sofort	50	50	0	0	0
11	Biogasgärrest Standard	Schleppschlauch	sofort	0	100	0	0	0
12	Biogasgärrest Standard	Schleppschlauch	sofort	0	50	50	0	0
13	Biogasgärrest Standard	Schleppschuh	Ohne Einarb.	0	100	0	0	0
14	Biogasgärrest Standard	Schleppschuh	Ohne Einarb.	0	50	50	0	0
15	Biogasgärrest sep. flüssig	Schleppschlauch	sofort	0	100	0	0	0
16	Biogasgärrest sep. flüssig	Schleppschlauch	sofort	0	50	50	0	0
17	Biogasgärrest sep. flüssig	Schleppschuh	Ohne Einarb.	0	100	0	0	0
18	Biogasgärrest sep. flüssig	Schleppschuh	Ohne Einarb.	0	50	50	0	0
19	Biogasgärrest Standard	Schleppschlauch	sofort	0	50	0	0	0
20	Biogasgärrest Standard	Schleppschlauch	sofort	0	75	0	0	0

Düngeplan - Fortsetzung

Vgl. Nr.	Art der organischen Düngung	Ausbringtechnik	Einarbeitung	Düngemenge				
				Organisch*			Mineralisch kg N/ha	
				Frühjahr	Vor Saat	BBCH 17-32	Vor Saat	BBCH 17-32
21	Biogasgärrest Standard	Schleppschlauch	sofort	0	100	0	30	0
22	Biogasgärrest Standard	Schleppschlauch	sofort	0	100	0	30	30
23	Biogasgärrest Standard	Schleppschlauch	sofort	0	100	0	30	60
24	Biogasgärrest Standard	Schleppschlauch	sofort	0	125	0	0	0
25	Biogasgärrest Standard	Schleppschlauch	sofort	0	150	0	0	0
26	Biogasgärrest Standard + E	Schleppschlauch	sofort	0	100	0	0	0
27	Biogasgärrest Standard + E	Schleppschlauch	sofort	100	0	0	0	0
28	Ohne organ. Düngung	-	-	0	0	0	0	0
29	Ohne organ. Düngung	-	-	0	0	0	30	30
30	Ohne organ. Düngung	-	-	0	0	0	30	60
31	Ohne organ. Düngung	-	-	0	0	0	60	60
32	Ohne organ. Düngung	-	-	0	0	0	90	60
33	Ohne organ. Düngung	-	-	0	0	0	120	60
34	Ohne organ. Düngung	-	-	0	0	0	150	60

*) 100 % entsprechen einer hohen, praxisüblichen Menge

Inhaltsstoffe der organischen Dünger

Speichersdorf

Düngungstermin	Art der organischen Dünger	TS-Gehalt %			Organ. Substanz kg/m ³ *			pH-Wert			N-Gesamt kg/m ³ *			NH ₄ -N kg/m ³ *		
		2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011
Frühjahr	BGR Standard	6,1	6,8	6,6	47,3	53,0	51,2	7,6	7,3	7,3	4,1	4,4	4,1	1,9	2,3	2,1
Vor Saat	BGR Standard	5,8	7,0	8,0	44,3	55,2	6,2	7,6	7,4	7,3	4,2	4,2	4,6	2,1	2,1	2,3
Vor Saat	BGR sep. fest	27,1	28,9	34,0	242,5	262,2	309,5	8,7	8,5	8,6	6,5	6,6	6,2	1,8	2,9	2,2
Vor Saat	BGR sep. flüssig	7,5	5,9	7,0	53,7	41,6	48,8	7,9	8,0	7,8	6,3	5,8	5,9	3,7	3,6	3,6
Vor Saat	Rindergülle	8,3	2,3	10,5	66,2	16,3	80,2	7,3	7,2	7,3	4,2	1,5	4,1	2,2	1,0	2,1
BBCH 17-32	BGR Standard	6,0	6,8	7,5	44,7	53,2	56,6	7,6	7,4	7,6	4,3	4,1	4,3	2,5	2,2	3,4
BBCH 17-32	BGR sep. flüssig	5,7	6,8	6,1	39,5	43,7	41,3	8,0	8,0	7,9	5,3	6,4	5,4	3,5	4,5	3,4

*) Angaben beziehen sich auf die Frischsubstanz

Puch

Düngungstermin	Art der organischen Dünger	TS-Gehalt %			Organ. Substanz kg/m ³ *			pH-Wert			N-Gesamt kg/m ³ *			NH ₄ -N kg/m ³ *		
		2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012
Frühjahr	BGR Standard	7,3	6,4	5,2	49,1	46,9	37,1	7,7	7,5	7,8	4,9	4,1	3,7	2,9	2,4	2,3
Vor Saat	BGR Standard	9,1	7,6	6,9	65,6	54,2	47,1	7,5	7,7	7,8	5,1	4,6	4,7	2,9	2,5	3,0
Vor Saat	BGR sep. fest	17,3	19,9	22,5	143,4	169,8	191,4	8,6	8,8	8,1	4,4	5,1	6,4	2,2	2,3	1,3
Vor Saat	BGR sep. flüssig	6,1	4,9	4,3	41,6	33,5	28,7	7,6	7,6	8,1	4,8	3,8	5,2	2,8	2,2	3,6
Vor Saat	Rindergülle	9,3	6,8	5,6	76,4	54,7	44,5	6,8	6,9	7,5	4,1	3,6	2,9	2,3	2,3	1,7
BBCH 17-32	BGR Standard	8,3	6,6	6,5	58,9	48,0	45,8	7,6	7,8	7,9	4,7	4,0	4,5	2,8	2,2	2,9
BBCH 17-32	BGR sep. flüssig	6,6	5,3	4,3	44,0	35,3	22,9	7,9	7,7	8,3	4,7	4,0	4,5	2,8	2,2	3,2

*) Angaben beziehen sich auf die Frischsubstanz

Ausbringungsmengen (organ. + mineral. in kg Gesamt-N/ha), Erträge (dt/ha) und NEL (GJ/ha)

Speichersdorf 2009, 2010, 2011

Fr / VS / 17-32 \triangleq Düngegabe im Frühjahr / Vor Saat / zu BBCH 17-32 (organisch + mineralisch)

NEL GJ/ha \triangleq GJ Netto-Energie-Laktation je Hektar

BV \triangleq Breitverteilung

SL \triangleq Schleppschlauch

SU \triangleq Schleppschuh

Ohne / sofort / 3h / 24h \triangleq Ohne Einarbeitung / sofortige Einarbeitung / Einarbeitung nach 3 Stunden / Einarbeitung nach 24 Stunden

Vgl. Nr.	Art der Düngung*	2009					2010					2011					Mittel 2009-2011				
		Fr	VS **	17-32	dt/ha	NEL GJ/ha	Fr	VS **	17-32	dt/ha	NEL GJ/ha	Fr	VS **	17-32	dt/ha	NEL GJ/ha	Fr	VS **	17-32	dt/ha	NEL GJ/ha
1	100 % BGR Standard, BV, 24 h	0	255	0	90	59	0	215	0	157	108	0	256	0	97	66	0	242	0	115	78
2	100 % Rindergülle, BV, 24 h	0	224	0	94	63	0	93	0	134	91	0	243	0	94	63	0	187	0	107	72
3	100 % BGR sep. flüssig, BV, 24 h	0	216	0	100	64	0	204	0	155	106	0	190	0	101	71	0	203	0	119	80
4	100 % BGR sep. fest, BV, 24 h	0	220	0	78	51	0	215	0	132	91	0	216	0	71	51	0	217	0	94	64
5	100 % BGR Standard, BV, sofort	0	255	0	96	64	0	215	0	160	110	0	256	0	107	73	0	242	0	121	82
6	100 % Rindergülle, BV, sofort	0	224	0	93	61	0	93	0	136	93	0	243	0	107	73	0	187	0	112	76
7	100 % BGR sep. flüssig, BV, sofort	0	216	0	103	67	0	204	0	158	109	0	190	0	116	81	0	203	0	126	86
8	100 % BGR sep. fest, BV, sofort	0	220	0	85	56	0	215	0	130	89	0	216	0	80	56	0	217	0	98	67
9	100 % BGR Standard, BV, 3 h	0	255	0	95	62	0	215	0	154	107	0	256	0	103	70	0	242	0	117	80
10	100 % BGR Standard, BV, sofort	124	127	0	99	64	113	148	0	150	105	114	164	0	113	77	117	146	0	121	82

Ausbringungsmengen (organ. + mineral. in kg Gesamt-N/ha), Erträge (dt/ha) und NEL (GJ/ha) - Fortsetzung

Sp. 2009, 2010, 2011

Vgl. Nr.	Art der Düngung*	2009					2010					2011					Mittel 2009-2011				
		Fr	VS **	17-32	dt/ha	NEL GJ/ha	Fr	VS **	17-32	dt/ha	NEL GJ/ha	Fr	VS **	17-32	dt/ha	NEL GJ/ha	Fr	VS **	17-32	dt/ha	NEL GJ/ha
11	100 % BGR Standard, SL, sofort	0	255	0	102	67	0	215	0	160	110	0	256	0	109	76	0	242	0	124	84
12	100 % BGR Standard, SL, sofort	0	127	103	102	68	0	148	118	161	112	0	164	122	108	74	0	146	114	124	85
13	100 % BGR Standard, SU, ohne	0	255	0	106	70	0	215	0	161	111	0	256	0	114	79	0	242	0	127	87
14	100 % BGR Standard, SU, ohne	0	127	103	103	67	0	148	118	145	98	0	164	122	118	82	0	146	114	122	82
15	100 % BGR sep. flüssig, SL, sofort	0	216	0	100	64	0	204	0	161	110	0	190	0	115	81	0	203	0	125	85
16	100 % BGR sep. flüssig, SL, sofort	0	108	85	102	67	0	102	106	154	104	0	95	95	107	74	0	102	95	121	82
17	100 % BGR sep. flüssig, SU, ohne	0	216	0	109	71	0	204	0	141	97	0	190	0	105	72	0	203	0	118	80
18	100 % BGR sep. flüssig, SU, ohne	0	108	85	103	67	0	102	106	160	110	0	95	95	102	70	0	102	95	122	82
19	50 % BGR Standard, SL, sofort	0	127	0	93	62	0	148	0	149	103	0	128	0	105	71	0	134	0	116	79
20	75 % BGR Standard, SL, sofort	0	191	0	92	60	0	161	0	153	104	0	192	0	102	68	0	181	0	116	77
21	100% BGR Standard + 30N, SL, sofort	0	255/30	0	105	68	0	215/30	0	168	117	0	256/30	0	119	83	0	242/30	0	131	89
22	100% BGR Standard + 60N, SL, sofort	0	255/30	30	104	66	0	215/30	30	179	124	0	256/30	30	109	73	0	242/30	30	131	88
23	100% BGR Standard + 90N, SL, sofort	0	255/30	60	102	65	0	215/30	60	174	121	0	256/30	60	119	82	0	242/30	60	132	89
24	125 % BGR Standard, SL, sofort	0	319	0	103	66	0	269	0	184	129	0	319	0	107	72	0	302	0	131	89
25	150 % BGR Standard, SL, sofort	0	383	0	104	65	0	322	0	183	126	0	383	0	118	80	0	363	0	135	90
26	100% BGR Standard + E, SL, sofort	0	255	0	99	65	0	215	0	156	108	0	256	0	114	80	0	242	0	123	84

Ausbringungsmengen (organ. + mineral. in kg Gesamt-N/ha), Erträge (dt/ha) und NEL (GJ/ha) - Fortsetzung

Sp. 2009, 2010, 2011

Vgl. Nr.	Art der Düngung*	2009					2010					2011					Mittel 2009-2011				
		Fr	VS **	17-32	dt/ha	NEL GJ/ha	Fr	VS **	17-32	dt/ha	NEL GJ/ha	Fr	VS **	17-32	dt/ha	NEL GJ/ha	Fr	VS **	17-32	dt/ha	NEL GJ/ha
27	100% BGR Standard + E, SL, sofort	0	249	0	108	71	0	225	0	152	105	0	228	0	106	72	0	234	0	122	83
28	Ohne organ. Düngung	0	0	0	78	52	0	0	0	119	80	0	0	0	84	58	0	0	0	94	63
29	Ohne organ. Düngung	0	30	30	92	59	0	30	30	134	91	0	30	30	101	68	0	30	30	109	73
30	Ohne organ. Düngung	0	30	60	100	64	0	30	60	159	109	0	30	60	110	74	0	30	60	123	82
31	Ohne organ. Düngung	0	60	60	108	70	0	60	60	164	115	0	60	60	115	79	0	60	60	129	88
32	Ohne organ. Düngung	0	90	60	109	71	0	90	60	170	120	0	90	60	105	69	0	90	60	128	87
33	Ohne organ. Düngung	0	120	60	111	72	0	120	60	166	112	0	120	60	120	83	0	120	60	132	89
34	Ohne organ. Düngung	0	150	60	110	71	0	150	60	177	124	0	150	60	117	78	0	150	60	135	91
t-test GD (5%)																				11,5	9,1

*) 100 % entsprechen einer hohen, praxisüblichen Menge

**) Menge organische Düngung/ Menge mineralische Düngung

Ausbringungsmengen (organ. + mineral. in kg Gesamt-N/ha), Erträge (dt/ha) und NEL (GJ/ha)

Puch 2010, 2011, 2012

Fr / VS / 17-32 \triangleq Düngegabe im Frühjahr / Vor Saat / zu BBCH 17-32 (organisch + mineralisch)

NEL GJ/ha \triangleq GJ Netto-Energie-Laktation je Hektar

BV \triangleq Breitverteilung

SL \triangleq Schleppschlauch

SU \triangleq Schleppschuh

Ohne / sofort / 3h / 24h \triangleq Ohne Einarbeitung / sofortige Einarbeitung / Einarbeitung nach 3 Stunden / Einarbeitung nach 24 Stunden

Vgl. Nr.	Art der Düngung*	2010					2011					2012					Mittel 2010-2012				
		Fr	VS **	17-32	dt/ha	NEL GJ/ha	Fr	VS **	17-32	dt/ha	NEL GJ/ha	Fr	VS **	17-32	dt/ha	NEL GJ/ha	Fr	VS **	17-32	dt/ha	NEL GJ/ha
1	100 % BGR Standard, BV, 24 h	0	216	0	165	112	0	232	0	202	140	0	176	0	222	112	0	208	0	196	136
2	100 % Rindergülle, BV, 24 h	0	223	0	149	103	0	190	0	190	130	0	181	0	217	119	0	198	0	185	128
3	100 % BGR sep. flüssig, BV, 24 h	0	208	0	167	116	0	201	0	189	130	0	122	0	212	102	0	177	0	189	130
4	100 % BGR sep. fest, BV, 24 h	0	226	0	145	98	0	248	0	157	106	0	164	0	200	92	0	213	0	167	115
5	100 % BGR Standard, BV, sofort	0	216	0	171	118	0	232	0	203	140	0	176	0	218	156	0	208	0	197	137
6	100 % Rindergülle, BV, sofort	0	223	0	160	105	0	190	0	189	130	0	181	0	212	150	0	198	0	187	127
7	100 % BGR sep. flüssig, BV, sofort	0	208	0	167	113	0	201	0	187	128	0	122	0	221	145	0	177	0	191	130
8	100 % BGR sep. fest, BV, sofort	0	226	0	156	107	0	248	0	155	107	0	164	0	197	141	0	213	0	169	115
9	100 % BGR Standard, BV, 3 h	0	216	0	159	108	0	232	0	207	139	0	176	0	222	152	0	208	0	196	133
10	100 % BGR Standard, BV, sofort	99	107	0	146	100	103	116	0	185	124	87	88	0	229	145	96	104	0	187	127

Ausbringungsmengen (organ. + mineral. in kg Gesamt-N/ha), Erträge (dt/ha) und NEL (GJ/ha) - Fortsetzung

Puch 2010, 2011, 2012

Vgl. Nr.	Art der Düngung*	2010					2011					2012					Mittel 2010-2012				
		Fr	VS **	17-32	dt/ha	NEL GJ/ha	Fr	VS **	17-32	dt/ha	NEL GJ/ha	Fr	VS **	17-32	dt/ha	NEL GJ/ha	Fr	VS **	17-32	dt/ha	NEL GJ/ha
11	100 % BGR Standard, SL, sofort	0	216	0	161	108	0	232	0	199	137	0	176	0	225	149	0	208	0	195	133
12	100 % BGR Standard, SL, sofort	0	108	105	169	112	0	116	96	191	131	0	88	93	227	131	0	104	98	196	134
13	100 % BGR Standard, SU, ohne	0	216	0	159	106	0	232	0	176	118	0	176	0	222	152	0	208	0	186	126
14	100 % BGR Standard, SU, ohne	0	108	105	160	108	0	116	96	205	141	0	88	93	225	158	0	104	98	196	136
15	100 % BGR sep. flüssig, SL, sofort	0	208	0	162	110	0	201	0	197	133	0	122	0	227	153	0	177	0	195	133
16	100 % BGR sep. flüssig, SL, sofort	0	104	99	169	115	0	100	106	171	115	0	61	78	234	159	0	88	94	192	130
17	100 % BGR sep. flüssig, SU, ohne	0	208	0	162	107	0	201	0	203	142	0	122	0	218	154	0	177	0	195	133
18	100 % BGR sep. flüssig, SU, ohne	0	104	99	166	115	0	100	106	183	122	0	61	78	222	158	0	88	94	190	130
19	50 % BGR Standard, SL, sofort	0	108	0	163	110	0	116	0	172	118	0	88	0	223	157	0	104	0	186	127
20	75 % BGR Standard, SL, sofort	0	162	0	184	126	0	174	0	201	137	0	132	0	221	159	0	156	0	202	138
21	100% BGR Standard + 30N, SL, sofort	0	216 /30	0	175	117	0	232 /30	0	219	149	0	176 /30	0	226	149	0	208 /30	0	206	140
22	100% BGR Standard + 60N, SL, sofort	0	216 /30	30	175	119	0	232 /30	30	224	156	0	176 /30	30	244	153	0	208 /30	30	215	148
23	100% BGR Standard + 90N, SL, sofort	0	216 /30	60	172	114	0	232 /30	60	228	160	0	176 /30	60	252	154	0	208 /30	60	218	148
24	125 % BGR Standard, SL, sofort	0	270	0	164	110	0	290	0	196	134	0	220	0	219	152	0	260	0	193	131
25	150 % BGR Standard, SL, sofort	0	323	0	171	116	0	348	0	219	153	0	264	0	222	154	0	312	0	204	140
26	100% BGR Standard + E, SL, sofort	0	216	0	159	107	0	232	0	150	101	0	176	0	230	169	0	208	0	180	123

Ausbringungsmengen (organ. + mineral. in kg Gesamt-N/ha), Erträge (dt/ha) und NEL (GJ/ha) - Fortsetzung

Puch 2010, 2011, 2012

Vgl. Nr.	Art der Düngung*	2010					2011					2012					Mittel 2010-2012				
		Fr	VS **	17-32	dt/ha	NEL GJ/ha	Fr	VS **	17-32	dt/ha	NEL GJ/ha	Fr	VS **	17-32	dt/ha	NEL GJ/ha	Fr	VS **	17-32	dt/ha	NEL GJ/ha
27	100% BGR Standard + E, SL, sofort	205	0	0	151	103	207	0	0	191	130	175	0	0	221	170	196	0	0	188	128
28	Ohne organ. Düngung	0	0	0	136	92	0	0	0	136	93	0	0	0	184	148	0	0	0	152	105
29	Ohne organ. Düngung	0	30	30	153	103	0	30	30	195	136	0	30	30	213	150	0	30	30	187	129
30	Ohne organ. Düngung	0	30	60	157	109	0	30	60	183	125	0	30	60	225	159	0	30	60	188	130
31	Ohne organ. Düngung	0	60	60	152	102	0	60	60	213	146	0	60	60	224	150	0	60	60	196	133
32	Ohne organ. Düngung	0	90	60	164	109	0	90	60	224	155	0	90	60	254	130	0	90	60	214	147
33	Ohne organ. Düngung	0	120	60	174	116	0	120	60	223	152	0	120	60	239	147	0	120	60	212	144
34	Ohne organ. Düngung	0	150	60	185	127	0	150	60	241	168	0	150	60	251	155	0	150	60	226	156
t-test GD (5%)																					

*) 100 % entsprechen einer hohen, praxisüblichen Menge

**) Menge organische Düngung/ Menge mineralische Düngung

Kommentar

Wirkung von Biogasgärresten in Abhängigkeit der Ausbringungsmenge

N-Wirkung:

Die Erträge von Silomais können durch steigende Biogasgärrestmengen erhöht werden, siehe Abbildung 1 und 2: in Speichersdorf ist der Optimalertrag (ca. 130 dt/ha) bei einer mineralischen N-Düngung von ca. 120 kg N/ha erreicht, in Puch ist das Ertragsniveau höher und der Optimalertrag von 226 dt/ha kann bei einer mineralischen N-Düngung von 210 kg N/ha erreicht werden.

Sowohl in Speichersdorf als auch in Puch sind die Trockenmasseerträge bei gleicher N-Gabe nach einer Biogasgärrestdüngung geringer als nach eine Düngung mit Mineraldüngern. In Speichersdorf kann durch eine sehr hohe Gärrestdüngung (ca. 360 kg N/ha) in etwa der gleiche Ertrag, als mit 120 kg N/ha mineralisch gedüngt erreicht werden. In Puch ist der Ertrag mit Gärrestdüngung schlechter, als bei einer mineralischen Düngung und kann im dreijährigen Mittel einen Ertrag von höchstens 204 dt/ha erreichen.

Der Grund für eine schlechtere Wirkung von organischen Düngern im Vergleich zu Mineraldüngern sind Stickstoffverluste bei der Ausbringung und die Bindung von Stickstoff an der organischen Substanz. Es ist davon auszugehen, dass bei langjähriger Biogasgärrestdüngung das Mineralisierungspotenzial und damit die N-Freisetzung aus der organischen Substanz zunehmen und sich dadurch die Wirkung von Biogasgärrest verbessert.

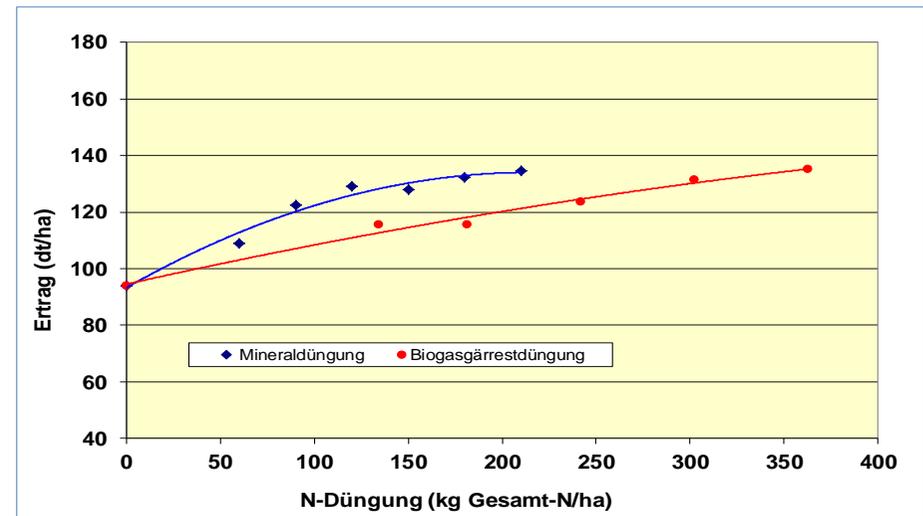


Abb. 1: N-Wirkung von Biogasgärresten (N-Gesamt) auf den Ertrag in Speichersdorf; Mittel der Jahre; n=3

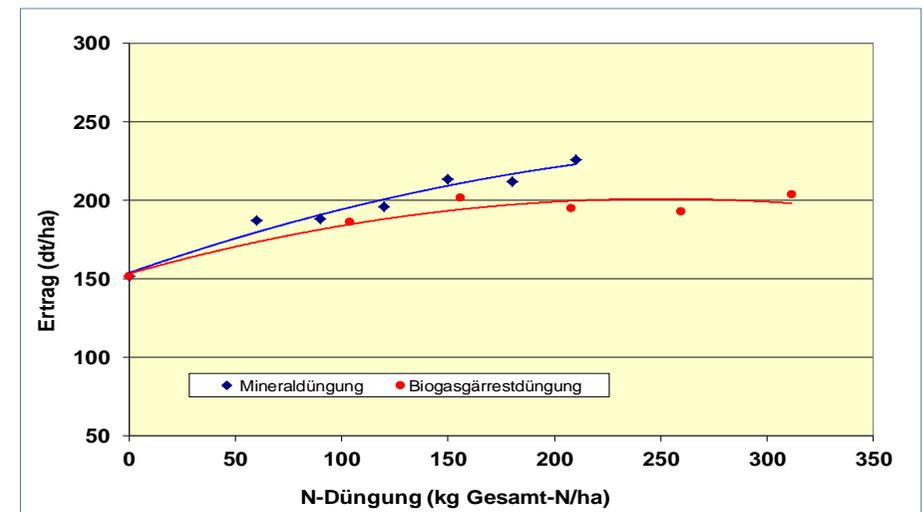


Abb. 2: N-Wirkung von Biogasgärresten (N-Gesamt) auf den Ertrag in Puch; Mittel der Jahre; n=3

Trockenmasseerträge:

Wie in Abbildung 3 zu sehen ist, kann der Ertrag in Speichersdorf mit steigender Ausbringungsmenge (zw. 130 kg N bei 50 % BGR und ca. 360 kg N bei 150 % BGR) nur von 116 dt/ha auf 135 dt/ha erhöht werden. Das geringe Ertragspotential dieses Standortes ist hauptsächlich auf Wassermangel zurückzuführen.

In Puch steigen die Erträge nicht simultan zur ausgebrachten N-Menge, siehe Abbildung 4. Das Ertragsoptimum wurde mit einer 75 %-igen Rückführung von Gärresten erreicht: 202 dt/ha mit einer N-Gabe von 156 N-Gesamt/ha. Die Varianten 100 % und 150 % liegen in etwa im gleichen Ertragsbereich. In Puch ist aufgrund der schweren Böden die Nährstoffversorgung auch ohne Düngung auf einem soliden Niveau, daher reagiert der Mais weniger effizient auf die Zuführung von Stickstoff über organische Dünger.

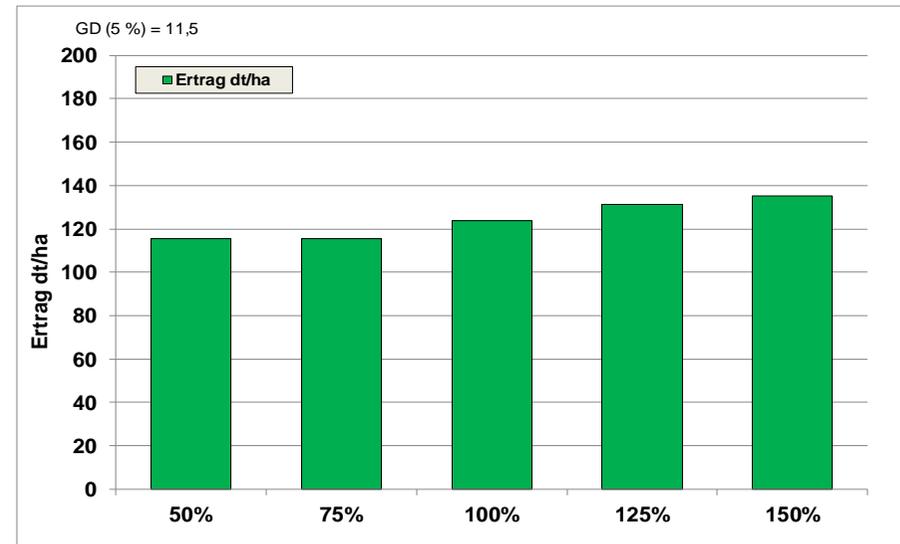


Abb. 3: Trockenmasseerträge (dt/ha) bei Gärrestdüngung in Speichersdorf; Mittel der Jahre; n=3

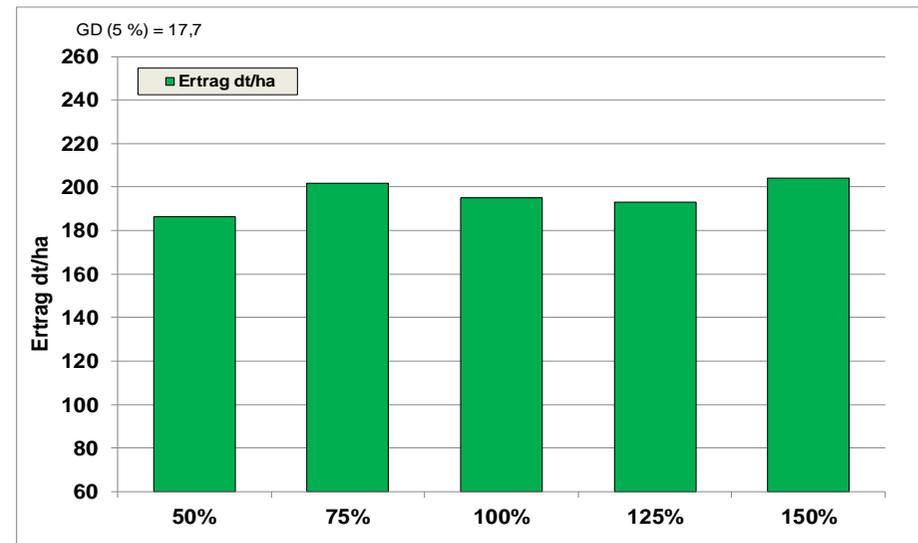


Abb. 4: Trockenmasseerträge (dt/ha) bei Gärrestdüngung in Puch; Mittel der Jahre; n=3

N_{min}-Werte:

Die N_{min}-Gehalte nach der Ernte in Speichersdorf sind zw. 49 und 61 kg N/ha, unabhängig von der Ausbringungsmenge auf einem mittleren Niveau, siehe Abb. 5.

In Puch sind die N_{min}-Gehalte aufgrund höherer Erträge und damit höheren N-Abfuhrn mit Werten zwischen 22 und 33 kg N/ha unabhängig von der Ausbringungsmenge auf einem niedrigen Niveau, siehe Abb. 6.

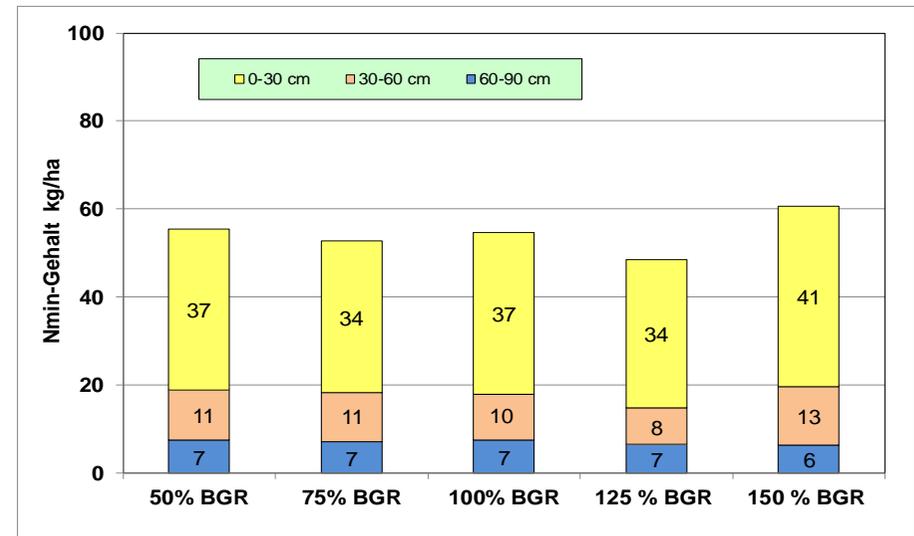


Abb. 5: N_{min}-Gehalte in Speichersdorf (kg/ha) nach der Ernte in Abhängigkeit der Ausbringungsmenge; Mittel der Jahre; n=3

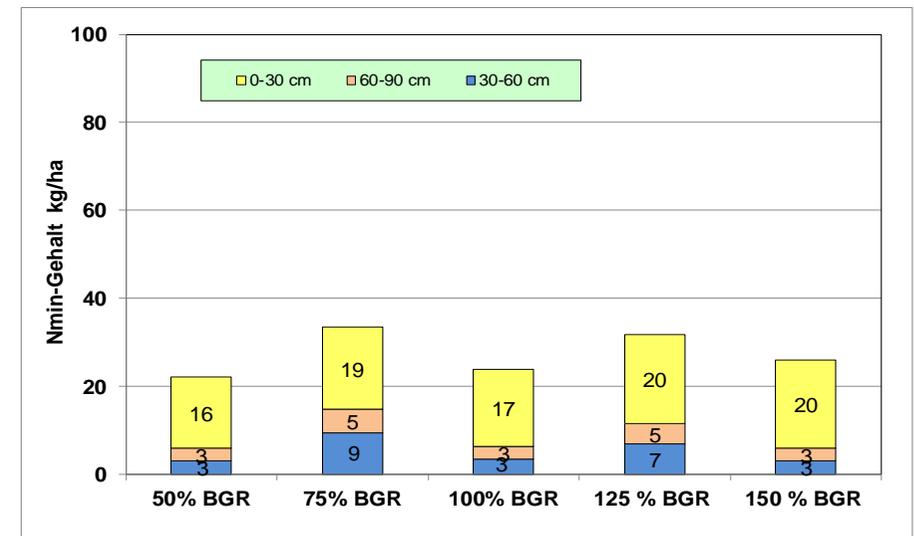


Abb. 6: N_{min}-Gehalte in Puch (kg/ha) nach der Ernte in Abhängigkeit der Ausbringungsmenge; Mittel der Jahre; n=3

N-Saldo:

Der Stickstoffsaldo (N-Zufuhr - N-Abfuhr) stellt ein Maß für die Ausgeglichenheit der Düngung dar. Ein hoher positiver N-Saldo birgt die Gefahr von N-Verlusten über die Nitratauswaschung.

Die Stickstoffbilanz in Speichersdorf (Abb. 7) steigt mit der Ausbringungsmenge und zeigt bei hohen Düngemengen (125 % und 150 %) hohe Bilanzüberhänge bis zu 178 kg N/ha. Die Ursachen für den hohen N-Überhang liegen bei einer Überschätzung der Erträge bei der Düngebedarfsermittlung. Daraus resultierend wurde die Menge an Gärrest 100 % BGR zu hoch angesetzt.

Um die Bilanzüberhänge in der Praxis möglichst gering zu halten, sollte neben einer verlustmindernden Ausbringung nur ein Teil des Nährstoffbedarfs über organische Dünger gedeckt werden und der restliche Bedarf über eine mineralische Ergänzung erfolgen. Zusätzlich ist es zwingend notwendig, die Düngemenge an den Ertrag anzupassen.

In Puch zeigt der N-Saldo eine gut ausgeglichene Bilanz zwischen dem Ertrag bzw. der N-Abfuhr und der N-Düngung: bei einer 100 %-igen Gärrestrückführung kann der Maisbestand den Stickstoff in gleicher Menge in Ertrag umsetzen (N-Saldo = 1 kg N/ha). Geringere N-Gaben (50 % und 75 %) erreichen aufgrund eines guten Versorgungszustands des schweren Bodens ebenfalls gute Erträge und damit einen negativen N-Saldo. Bei höherer Gärrestdüngung (über 100 %) muss darauf geachtet werden, dass der Grenzwert 60 kg N/ha der Düngeverordnung nicht überschritten wird.

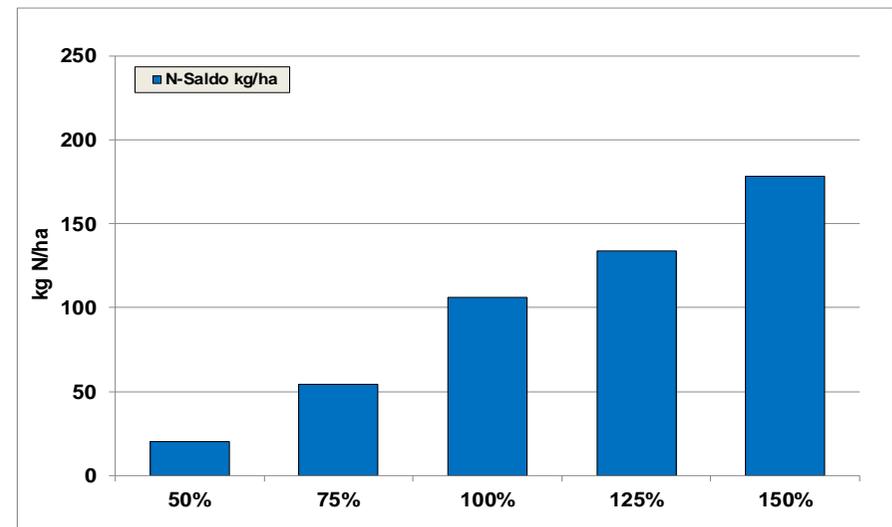


Abb. 7: N-Saldo in Speichersdorf bei Biogasgärrestdüngung in Abhängigkeit der Ausbringungsmenge; Mittel der Jahre, n=3

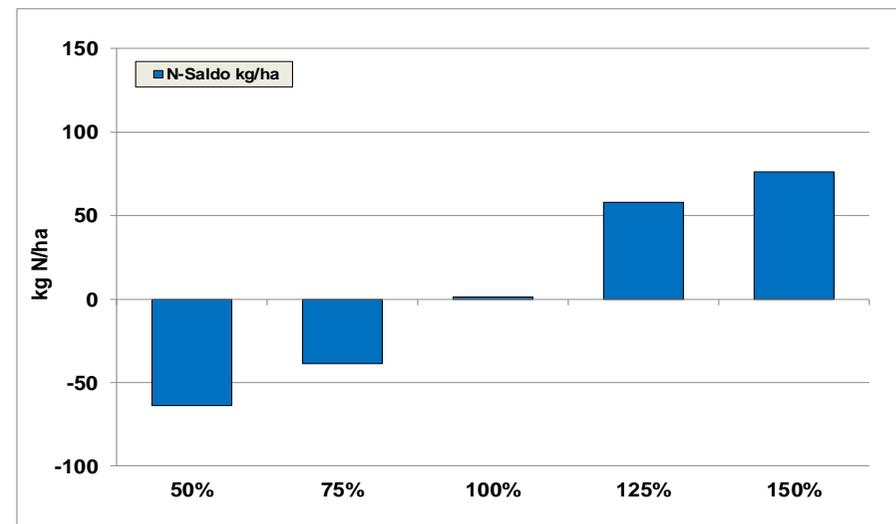


Abb. 8: N-Saldo in Puch bei Biogasgärrestdüngung in Abhängigkeit der Ausbringungsmenge; Mittel der Jahre, n=3

Wirkung von Biogasgärresten in Kombination mit Mineraldüngern

N-Wirkung:

Die Kombination von organischen und mineralischen Düngern kann bei Mais in Speichersdorf gleich hohe Erträge erreichen, wie eine reine Gärrestdüngung, siehe Abbildung 9. Eine mineralische Ergänzung hat kaum Einfluss auf die Ertragshöhe, da das Ertragspotential ausgeschöpft ist.

In Puch ist der Ertrag bei Mineraldüngung höher als bei Gärrestdüngung. Daher wird im dreijährigen Mittel mit einer Düngung von 300 kg N/ha über BGR + KAS ein Ertrag von 218 dt/ha erreicht, bei einer reinen BGR-Düngung ein Ertrag von 200 dt/ha.

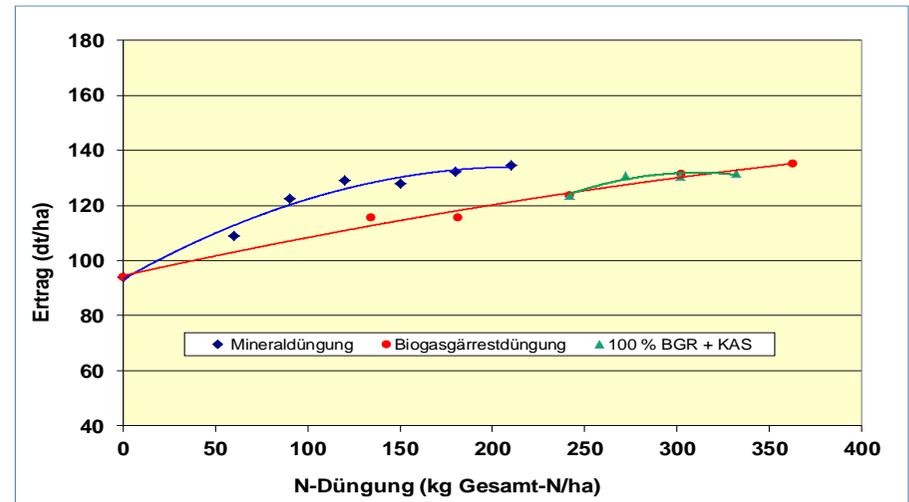


Abb. 9: N-Wirkung von reiner Mineraldüngung, reiner Biogasgärrestdüngung und der Kombination aus Gärrestdüngung mit KAS (N-Gesamt) auf den Ertrag in Speichersdorf; Mittel aller Jahre; n=3

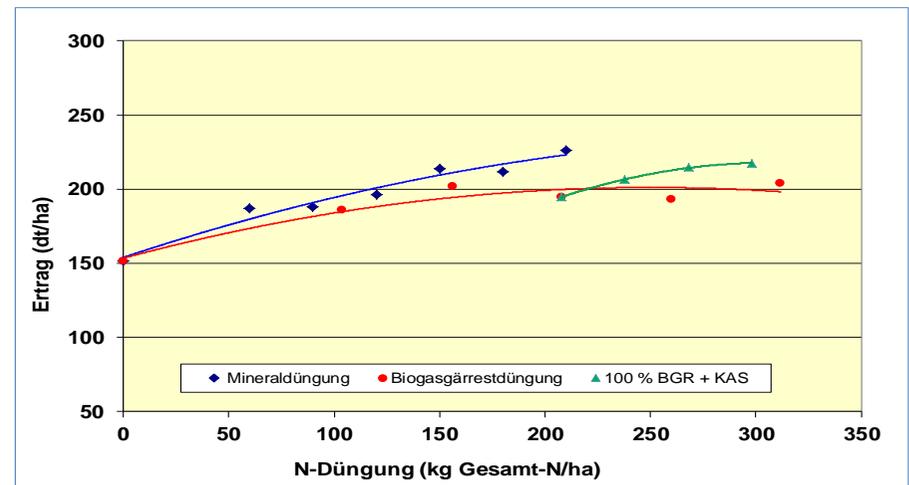


Abb. 10: N-Wirkung von reiner Mineraldüngung, reiner Biogasgärrestdüngung und der Kombination aus Gärrestdüngung mit KAS (N-Gesamt) auf den Ertrag in Puch; Mittel aller Jahre; n=3

Trockenmasseerträge:

In Speichersdorf steigt der Ertrag bei einer zusätzlichen N-Düngung von 30 kg N/ha über KAS von 124 dt/ha auf 131 dt/ha. Eine zusätzliche KAS-Düngung von 30 bzw. 60 N/ha führt zu keiner Ertragssteigerung (siehe Abbildung 11).

In Puch wird durch die Kombination von 100 % BGR und 90 kg N ein Ertragsmaximum von 218 dt/ha erreicht, siehe Abb. 12.

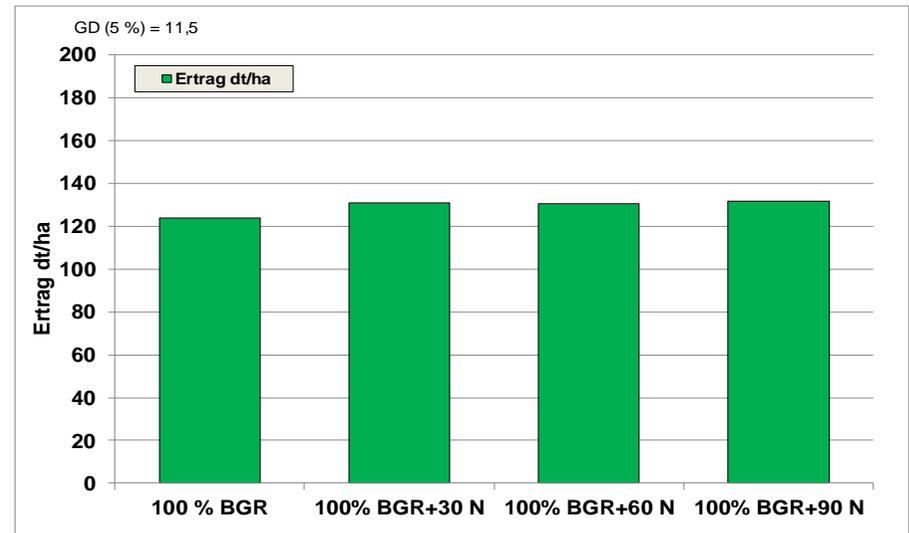


Abb. 11: Trockenmasseerträge (dt/ha) bei rein organischer und kombinierter Düngung in Speichersdorf; Mittel der Jahre; n=3

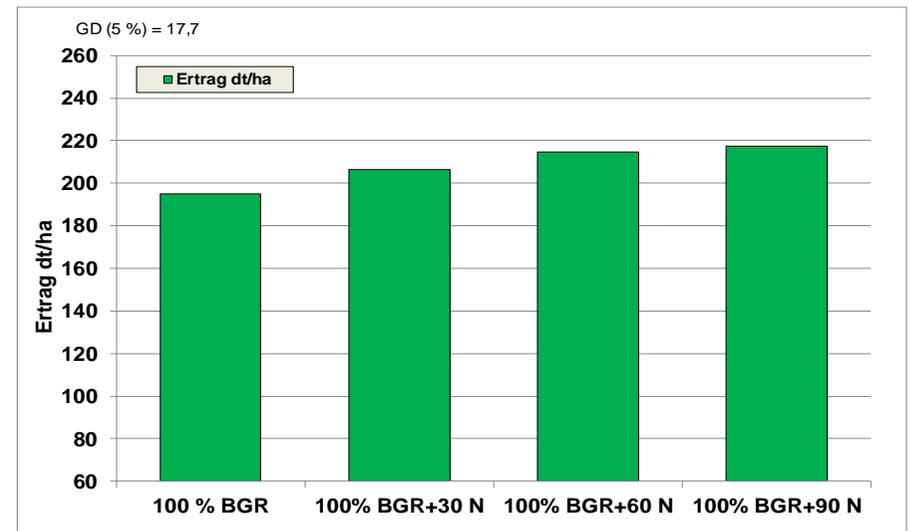


Abb. 12: Trockenmasseerträge (dt/ha) bei rein organischer und kombinierter Düngung in Puch; Mittel der Jahre; n=3

N-Saldo:

Der Stickstoffsaldo ist in Speichersdorf bei alleiniger 100 %-igen Gärrestdüngung wegen des geringen Ertrags bei 106 kg N/ha, siehe Abb. 13. Mit einer zusätzlichen Ausbringmenge von 90 kg N/ha über KAS steigt der N-Saldo auf 164 kg N/ha. Die zusätzlich zugeführten Stickstoffmengen können nicht in Ertrag umgesetzt werden, was zu einem hohen N-Saldo führt. Um die Kontrollwerte der neuen Düngeverordnung einhalten zu können, ist sowohl die Höhe der organischen Düngung, als auch die Höhe der mineralischen Ergänzungsdüngung mit der Ertragserwartung abzustimmen.

In Puch wirkt der zusätzlich zugeführte Stickstoff über Kalkammonsalpeter effizienter, der Maisbestand kann die N-Gabe umsetzen. Der N-Saldo ist selbst bei einer Düngung von 100 % Biogasgärrest + 60 kg N unter der DüV-Grenzwerte, siehe Abbildung 14.

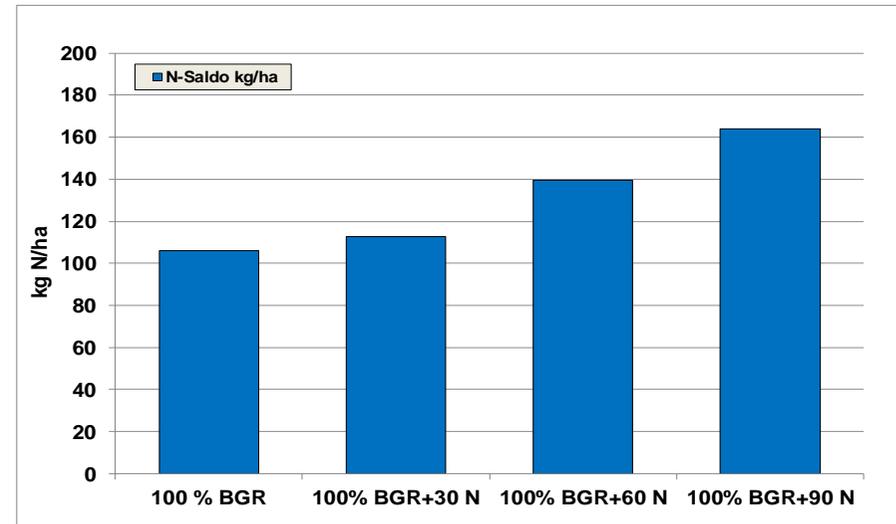


Abb. 13: Stickstoffsaldo bei rein organischer und kombinierter Düngung in Speichersdorf; Mittel der Jahre; n=3

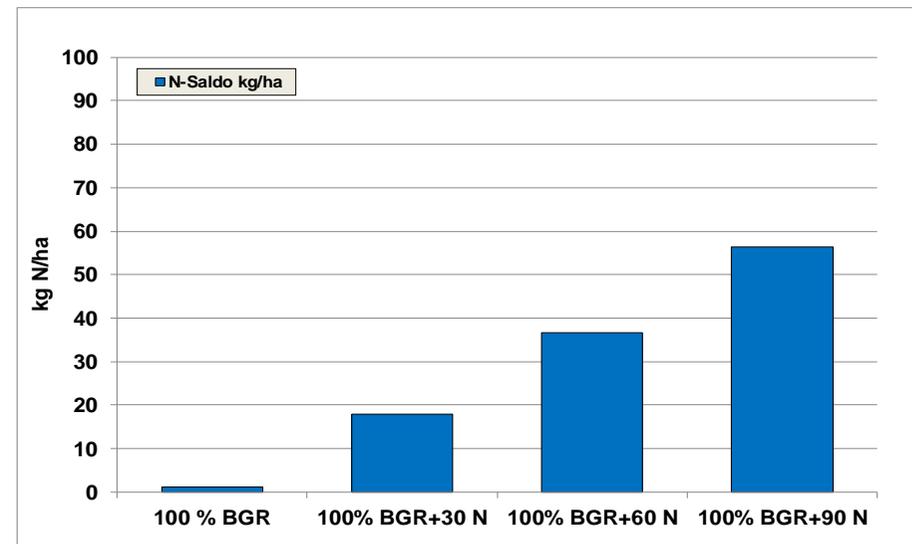


Abb. 14: Stickstoffsaldo bei rein organischer und kombinierter Düngung in Puch; Mittel der Jahre; n=3

Wirkung von Biogasgärresten in Abhängigkeit der Gärrestart und der Einarbeitung

Trockenmasseerträge und Rohproteingehalte:

Der Trockensubstanzgehalt beeinflusst die Infiltrationsgeschwindigkeit (Einsickerung in den Boden) des Gärrests und hat daher einen großen Einfluss bzgl. Ammoniak-Verflüchtigungen. Ammoniak-Verflüchtigungen verringern die Düngewirkung von organischen Düngern. Diese entstehen auch durch Wind und Sonneneinstrahlung bei einer langen Verweilzeit der Gülle an der Bodenoberfläche. Um den Einfluss der Ammoniakverluste abschätzen zu können, wurden Gärrestarten mit unterschiedlichen TS-Gehalten, nach unterschiedlich langer Zeit eingearbeitet. Die Düngung erfolgte zu 100 % vor der Saat mit Breitverteilung.

In Abbildung 15 sind die TM-Erträge in Speichersdorf dargestellt: der Biogasgärrest Standard wies einen durchschnittlichen TS-Gehalt von 6,7 % in der Frischesubstanz auf. Eine sofortige Einarbeitung führte zu einem Ertrag von 121 dt/ha, sank aber mit zunehmender Einarbeitungszeit auf 115 dt/ha (bei 24 Stunden). Gärrest flüssig hat durch einen geringeren TS-Gehalt eine höhere Infiltrationsgeschwindigkeit und daher niedrigere Ammoniak-Verluste. Daher erzielte die Variante mit flüssig gedüngten Gärresten Erträge zw. 119 und 125 dt/ha, je nach Einarbeitungszeit. Biogasgärrest fest hat einen hohen Trockensubstanzgehalt und erwirtschaftet Erträge von nur 94 – 98 dt/ha in Abhängigkeit der Einarbeitungszeit. Im Vergleich können durch Rindergülle bei sofortiger Einarbeitung Trockenmasseerträge von 112 dt/ha erreicht werden, wenn diese erst 24 h nach der Ausbringung eingearbeitet wird nur 107 dt/ha. In Puch, Abbildung 16, reagiert der Mais weniger differenziert auf die unterschiedlichen TS-Gehalte und Einarbeitungszeiten.

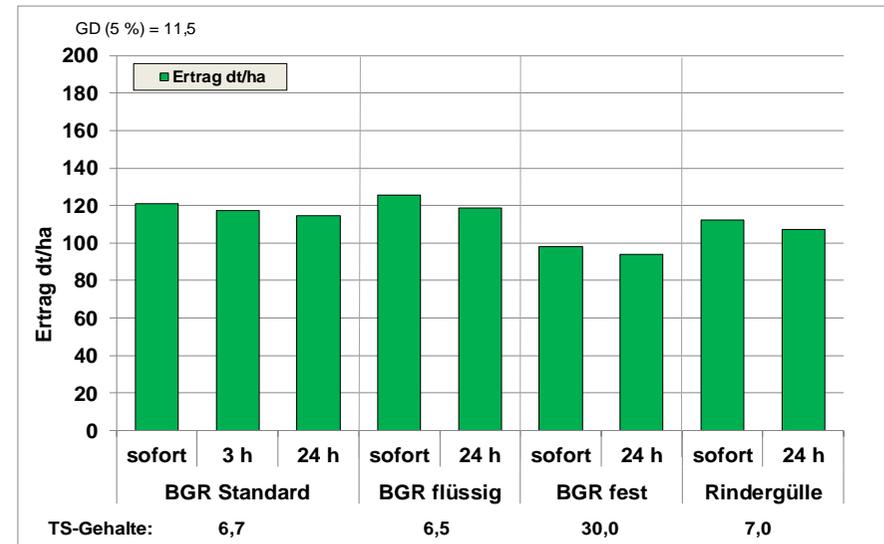


Abb. 15: Trockenmasseerträge (dt/ha) in Abhängigkeit der Einarbeitung bei unterschiedlichen Gärrestarten; Speichersdorf, Mittel der Jahre; n=3

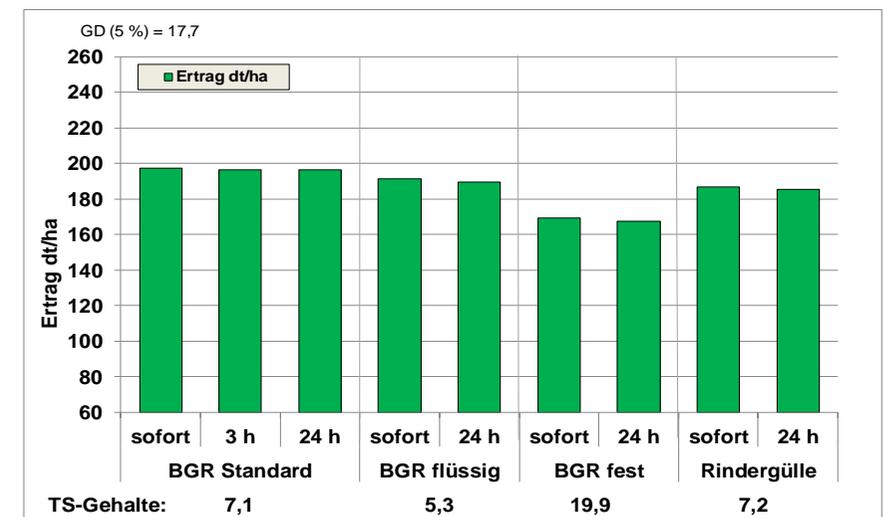


Abb. 16: Trockenmasseerträge (dt/ha) in Abhängigkeit der Einarbeitung bei unterschiedlichen Gärrestarten; Puch; Mittel der Jahre; n=3

Mineraldüngeäquivalente:

Um eine angepasste Düngung zu erreichen, müssen die Nährstoffe möglichst effizient von der Pflanze ausgenutzt werden. Das Mineraldüngeäquivalent zeigt den Ausnutzungsgrad von Gesamt- und Ammoniumstickstoff im Vergleich zu Mineraldüngern.

Aufgrund des niedrigeren TS-Gehaltes der separierten Phase ist in Speichersdorf, wie in Abbildung 20 zu sehen, BGR flüssig am besten für die Maispflanze verwertbar. Durch die sofortige Einarbeitung entstehen weniger NH₄-Verluste, wodurch der Ammonium-Anteil im Vergleich zu Mineraldüngern zu 95 % wirkt, bezogen auf Gesamt-N wirkt der Gärrest flüssig zu 58 %. Wird der Gärrest erst nach 24 Stunden eingearbeitet verringert sich die N-Effizienz auf 68 % (NH₄-N) bzw. 41 % (Gesamt-N). Werden die MDÄs der anderen Güllearten betrachtet, so lässt sich allgemein sagen, dass, je höher der Wassergehalt ist, desto schneller sickert der Gärrest bzw. die Nährstoffe in den Boden und haben eine höhere N-Effizienz. Außerdem werden Ammoniakverflüchtigungen ebenfalls durch eine rasche Einarbeitung entgegen gewirkt.

In Puch wirken sich die Effekte einer raschen Einarbeitung und eines geringen TS-Gehaltes weniger stark ausgeprägt aus, sind im Trend aber auch zu beobachten (Abb. 21). Bei schweren Böden kann es durch hohe Gärrestmengen mit einem hohen Wasseranteil, die rasch eingearbeitet werden, aber auch zu Strukturproblemen kommen, die dem Effekt entgegenwirken (siehe BGR flüssig).

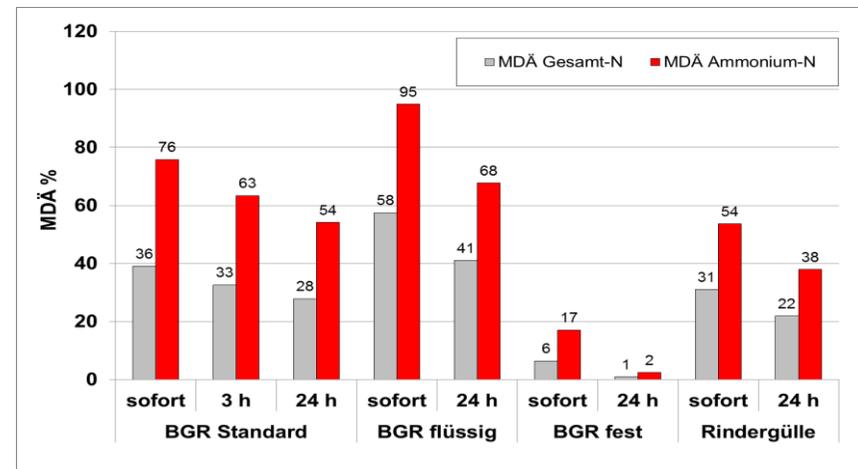


Abb. 20: Mineraldüngeäquivalente in Abhängigkeit der Einarbeitung bei unterschiedlichen Gärrestarten; Speichersdorf, Mittel der Jahre; n=3

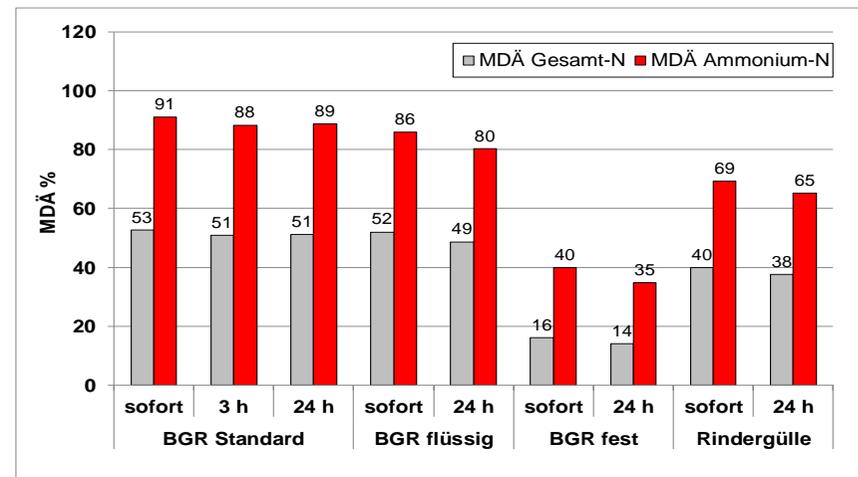


Abb. 21: Mineraldüngeäquivalente in Abhängigkeit der Einarbeitung bei unterschiedlichen Gärrestarten; Puch; Mittel der Jahre; n=3

Der Einsatz von Biogasgärresten mit Nitrifikationsinhibitoren (Entec)

Trockenmasseerträge:

Durch Nitrifikationshemmstoffe wird die Umsetzung von Ammonium in Nitrat verzögert. Da Ammonium im Boden fixiert wird, können durch die Zugabe von Nitrifikationshemmstoffe eventuell Stickstoffverluste durch Nitratauswaschung vermieden werden. Der im Gärrest vorhandene Stickstoff kann dadurch länger für die Pflanze in verfügbaren Bodenschichten bleiben. Vor allem Mais profitiert aufgrund seines späten Nährstoffbedarfs von einer langanhaltenden Nährstoffnachlieferung.

Wie in Abbildung 22 dargestellt, unterscheiden sich die Varianten in Speichersdorf nicht zwischen dem Ausbringzeitpunkt und kaum von der Zugabe des Nitrifikationshemmstoffes „Entec flüssig“ hinsichtlich des Ertrags.

In Puch schneiden Varianten, bei denen der Gärrest vor der Saat ausgebracht wurde, tendenziell besser ab, als Varianten, die im zeitigen Frühjahr (März) gedüngt wurden. Der Einsatz von „Entec flüssig“ hat dabei keinen Einfluss, siehe Abbildung 23.

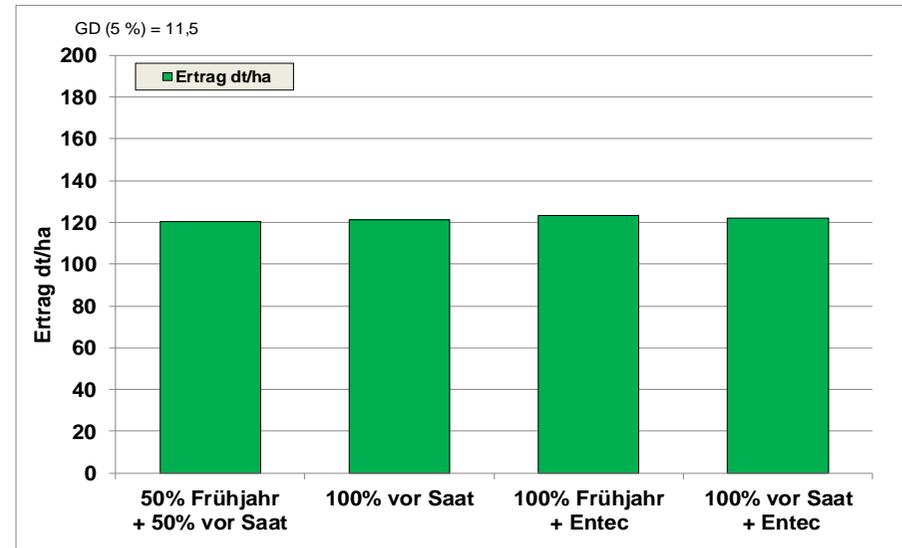


Abb. 22: Trockenmasseerträge (dt/ha) bei Gärrestdüngung mit Nitrifikationsinhibitoren in Speichersdorf; Mittel der Jahre; n=3

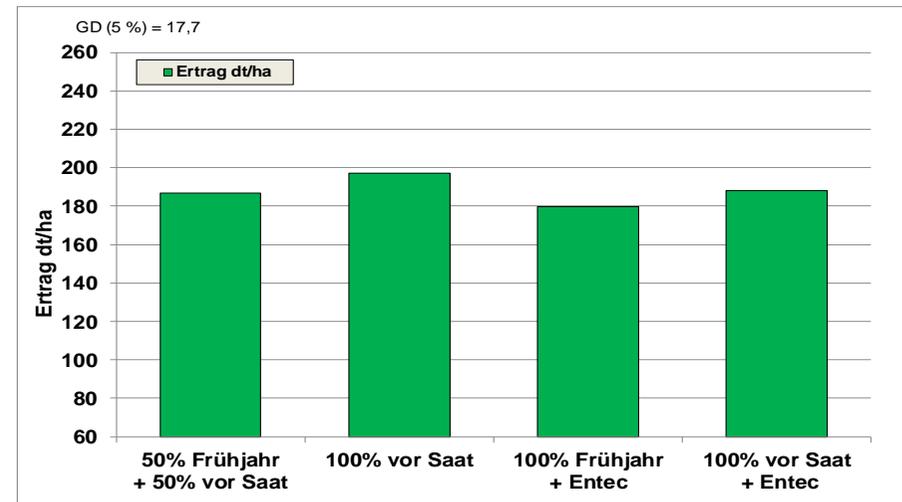


Abb. 23: Trockenmasseerträge (dt/ha) bei Gärrestdüngung mit Nitrifikationsinhibitoren in Puch; Mittel der Jahre; n=3

Mineraldüngeäquivalente:

Die Mineraldüngeäquivalente zeigen, dass auf leichten Böden, siehe Abbildung 24, der Einsatz von Nitrifikationshemmstoffen die N-Effizienz von Gärresten zu Mais tendenziell verbessern kann: Sowohl eine Frühjahrsdüngung, als auch eine Düngung vor Saat erreichen mit „Entec flüssig“ ein MDÄ von über 40 % bezogen auf Gesamt-N und von ca. 85 % bezogen auf Ammonium-N.

Auf schweren Böden wie in Puch, siehe Abbildung 25, kann der Einsatz von NIs zu Ertragseinbußen führen. Die beste Stickstoffeffizienz wird durch eine 100 %-ige Düngung zur Saat erreicht (53 % bezogen auf Gesamt-N, 91 % bezogen auf Ammonium-N). Bei einer Zugabe von „Entec flüssig“ sinkt die Stickstoffeffizienz auf 42 % bzw. 70 %: Dies ist unter anderem auch auf ein stärkeres Fixierungspotenzial von tonigen Boden zurückzuführen, das zu einer schlechteren Verfügbarkeit von Ammonium für den Maisbestand zu Folge hat.

Eine Düngung im zeitigen Frühjahr (März) führt in Speichersdorf ohne NI, in Puch sowohl mit als auch ohne NI zu einer Effizienzminderung des Gärrestes gegenüber einer Ausbringung vor der Maissaat (April).

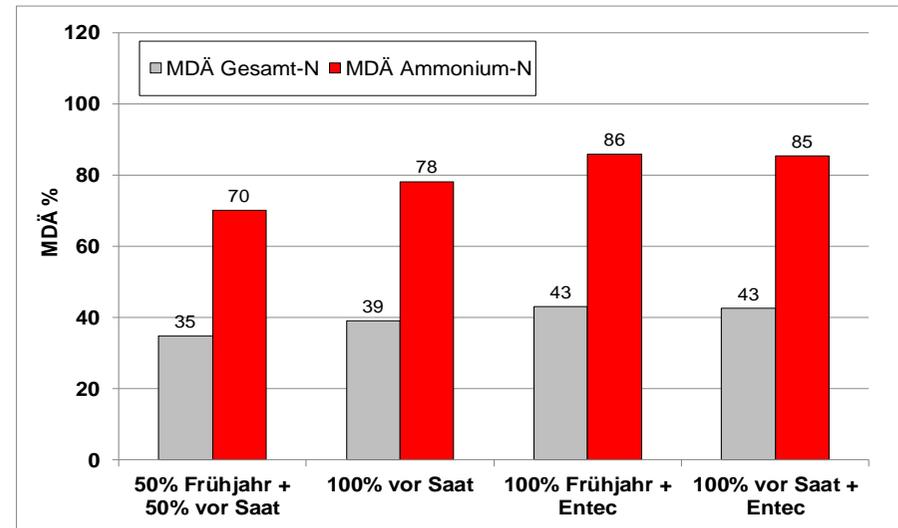


Abb. 24: Mineraldüngeäquivalente bei Gärrestdüngung mit Nitrifikationsinhibitoren in Speichersdorf; Mittel der Jahre; n=3

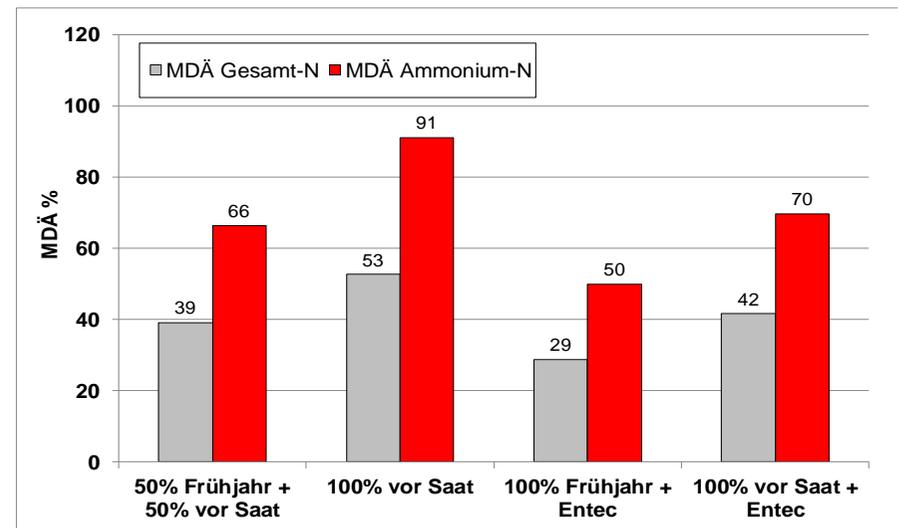


Abb. 25: Mineraldüngeäquivalente bei Gärrestdüngung mit Nitrifikationsinhibitoren in Puch; Mittel der Jahre; n=3

N-Saldo:

Sowohl in Speichersdorf (Abb. 26), als auch in Puch (Abb. 27) verhält sich der N-Saldo simultan zu den Mineraldüngeäquivalenten. Auf sandigen Böden kann der Einsatz von Nitrifikationsinhibitoren die N-Verluste reduzieren, in schweren Böden kann der Einsatz auch zur Fixierung und damit schlechteren Ausnutzung des Stickstoffs führen.

Trotz des schlechteren Ertrags von der Variante 100% vor Saat + Entec im Vergleich zur Variante 100% vor Saat ist der N-Saldo in Speichersdorf gleich. Dies lässt sich durch den Rohproteingehalt erklären, der bei der Variante mit Entec höher ist als ohne. Auf schweren Böden wie in Puch, wird der Stickstoff durch Entec sehr lange stabilisiert und liegt den Pflanzen erst sehr spät vor, was einen höheren Rohproteingehalt in der Pflanze zur Folge hat.

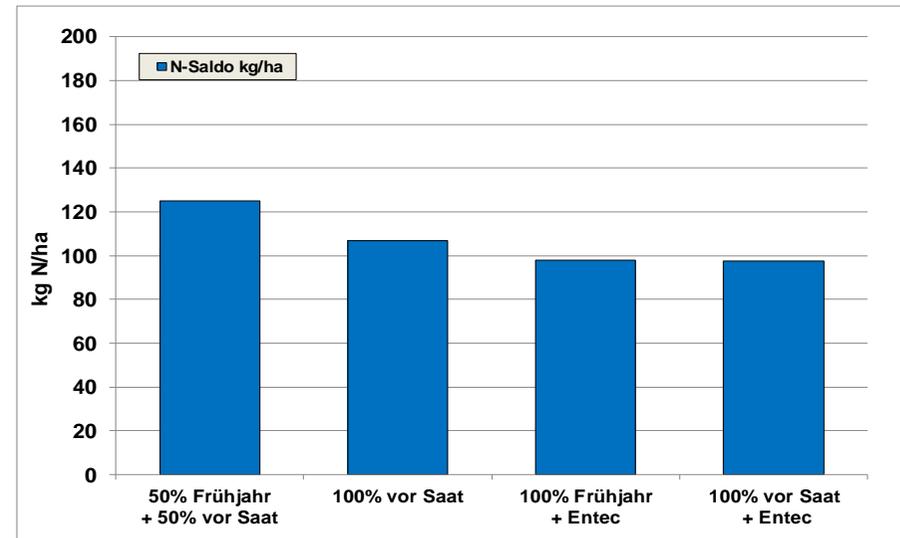


Abb. 26: N-Saldo bei Gärrestdüngung mit Nitrifikationsinhibitoren in Speichersdorf; Mittel der Jahre; n=3

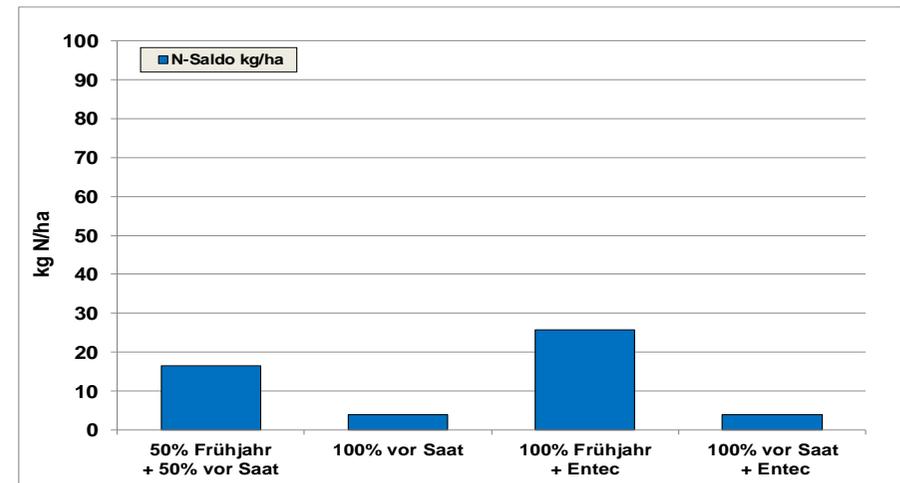


Abb. 27: N-Saldo bei Gärrestdüngung mit Nitrifikationsinhibitoren in Puch; Mittel der Jahre; n=3

Wirkung von Biogasgärresten in Abhängigkeit des Ausbringzeitpunktes

Trockenmasseerträge:

In Abbildung 28 und 29 werden die Techniken Schleppschauch und Schleppschuh miteinander verglichen. Bei beiden Ausbringungstechniken wurden sowohl BGR Standard als auch BGR flüssig eingesetzt, wobei diese sowohl in einer Gabe vor der Saat ausgebracht wurden, als auch in zwei Teilgaben vor der Saat und im Stadium EC 17-32. Beim Schleppschauch erfolgte nur vor der Saat eine sofortige Einarbeitung, beim Schleppschuh erfolgte keine Einarbeitung.

Im Mittel der Jahre zeigt sich, dass sowohl in Speichersdorf (Abb.28), als auch in Puch (Abb. 29), der Zeitpunkt der Ausbringung bzw. die Aufteilung in zwei Gaben, keinen Einfluss auf den Trockenmasseertrag hat. Der Düngungstermin sollte sich daher an der Befahrbarkeit des Bodens orientieren.

Obwohl der niedrigere TS-Gehalt von Gärrest flüssig eine bessere N-Wirkung nach sich zieht, kann dies in Abbildung 28 und 29 nicht bestätigt werden. Grund dafür sind geringere N-Gaben bei den Varianten mit BGR flüssig. Im Durchschnitt wurden in Speichersdorf 51 kg N/ha weniger mit BGR flüssig ausgebracht, 26 kg N/ha weniger in Puch, als wie mit BGR Standard.

Die Applikationstechniken unterscheiden sich nicht signifikant voneinander. Die sofortige Einarbeitung nach der Ausbringung mit Schleppschauch führt zu einem ähnlichen Trockenmasseertrag wie mit Schleppschuh.

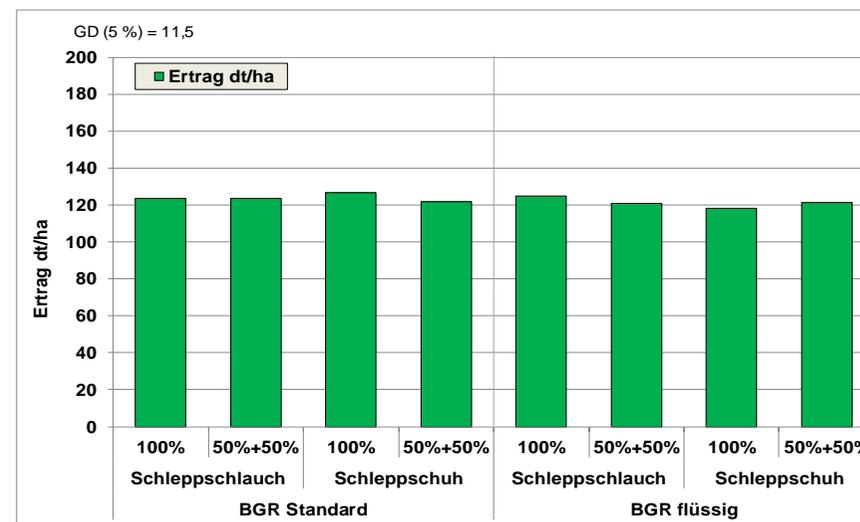


Abb. 28: Trockenmasseerträge (dt/ha) bei Gärrestdüngung in einer und geteilter Gabe; Speichersdorf, Mittel der Jahre; n=3

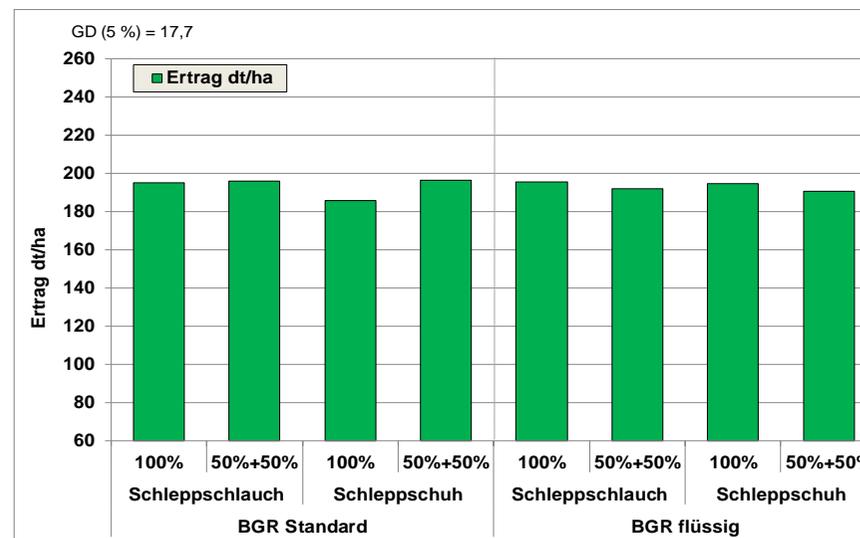


Abb. 29: Trockenmasseerträge (dt/ha) bei Gärrestdüngung in einer und geteilter Gabe; Puch, Mittel der Jahre; n=3

N-Saldo:

Der Stickstoffsaldo in Speichersdorf (Abb. 30) zeigt große Unterschiede zwischen den Güllearten BGR Standard und BGR flüssig. Mit der Ausbringung von BGR Standard erfolgte eine hohe N-Gabe (242 kg N/ha bei Schleppschauch und Schleppschuh zu „100 % vor Saat“, 260 kg N/ha bei Schleppschauch und Schleppschuh zu „50 % vor Saat + 50 % zu BBCH17-32“), aber das Ertragsniveau blieb mit durchschnittlich 123 dt/ha relativ niedrig. Dies führte zu hohen N-Salden über 100 kg N/ha. Da die N-Gaben mit der Ausbringung von BGR flüssig geringer waren und der N-Gehalt im Maisbestand etwas höher war, ergibt sich hier ein N-Saldo zwischen 63 und 80 kg N/ha. Ein positiver N-Saldo birgt Gefahren von N-Verlusten über z. B. Nitratauswaschung, v.a. bei leichten Standorten wie Speichersdorf. Daher sollte die N-Düngung stets an das erwartete Ertragsniveau angepasst werden.

In Puch (Abb. 31) führen hohe Trockenmasseerträge zu hohen N-Abfuhr, was in einem niedrigen N-Saldo resultiert. Bei der Düngung von BGR Standard in einer Gabe unterscheidet sich der Schleppschuh stark von den anderen Varianten: vermutlich ist das oberflächliche Aufschlitzen der Ackerkrume durch den Schleppschuh nicht ausreichend, um hohe Gaben von durchschnittlich 46 m³/ha in einer einmaligen Gabe vor NH₃-Verlusten zu schützen. Daher ist es aus ökologischer Sicht empfehlenswert den Düngungstermin auf zwei Teilgaben aufzuteilen. Eine Düngung mit BGR flüssig führt aufgrund der höheren N-Wirkung zu negativen N-Bilanzen.

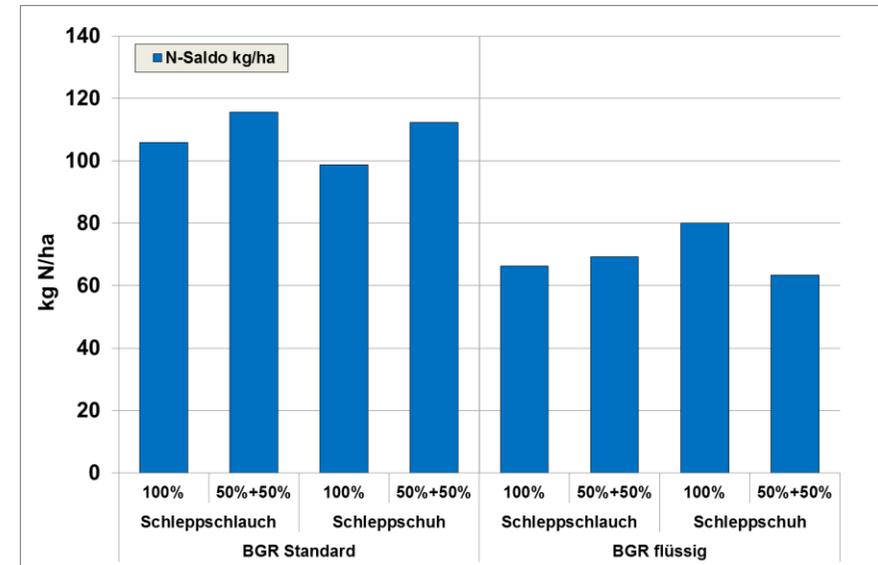


Abb. 30: N-Saldo bei Gärrestdüngung in einer und geteilter Gabe; Speichersdorf, Mittel der Jahre; n=3

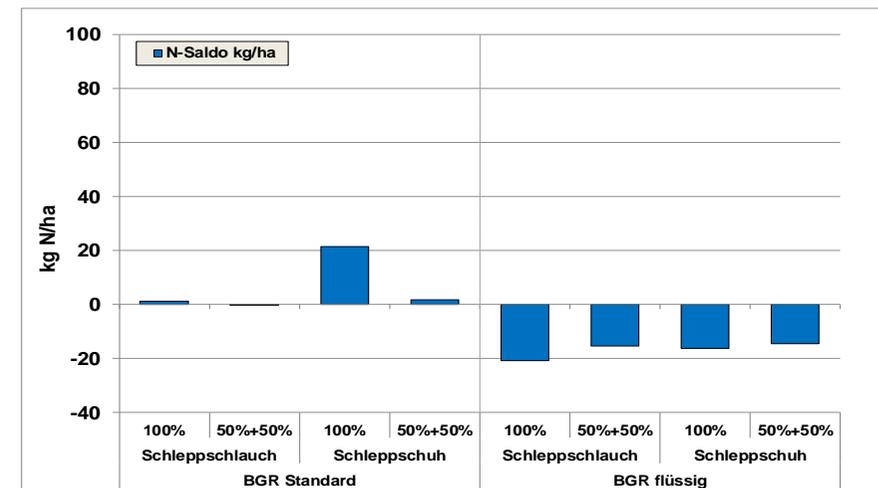


Abb. 31: N-Saldo bei Gärrestdüngung in einer und geteilter Gabe; Puch, Mittel der Jahre; n=3

Mineraldüngeäquivalent:

Die Mineraldüngeäquivalente zeigen, dass auf leichten Böden (Speichersdorf), siehe Abbildung 32, bei der Düngung im Frühjahr mit BGR Standard, sowohl bei Schleppschlauch, als auch bei Schleppschuh die N-Effizienz besser ist, als wie bei einer geteilten Düngergabe. Bei der Düngung mit BGR flüssig konnte dies nicht bestätigt werden. Hier war die beste N-Ausnutzung durch eine Düngung vor der Saat mit Schleppschlauch (57 % bezogen auf Gesamt-N, 93 % bezogen auf Ammonium-N) mit sofortiger Einarbeitung.

Auf schweren Böden wie in Puch, siehe Abbildung 33, ist die Mineraldüngeäquivalente bei der Düngung mit BGR Standard und der Technik Schleppschlauch fast gleich, unabhängig ob die Düngung aufgeteilt wurde oder nicht. Bei Schleppschuh ist die Variante, wo die Düngermenge aufgeteilt wurde besser, als die Komplettgabe vor der Saat (53 % bezogen auf Gesamt-N gegenüber 37 % bezogen auf Gesamt-N). Dies liegt darin begründet, dass hohe Düngemengen nicht vollständig in den Boden eingeschleut werden können und dies zu hohen Ammoniakverlusten führt. Bei der Düngung mit BGR flüssig ist die Mineraldüngeäquivalente bei allen Variationen sehr hoch. Da der Trockensubstanzanteil dieses Düngers sehr niedrig ist, kann BGR flüssig sehr schnell in den Boden einsickern, was zu nur sehr geringen Ammoniakverlusten führt.

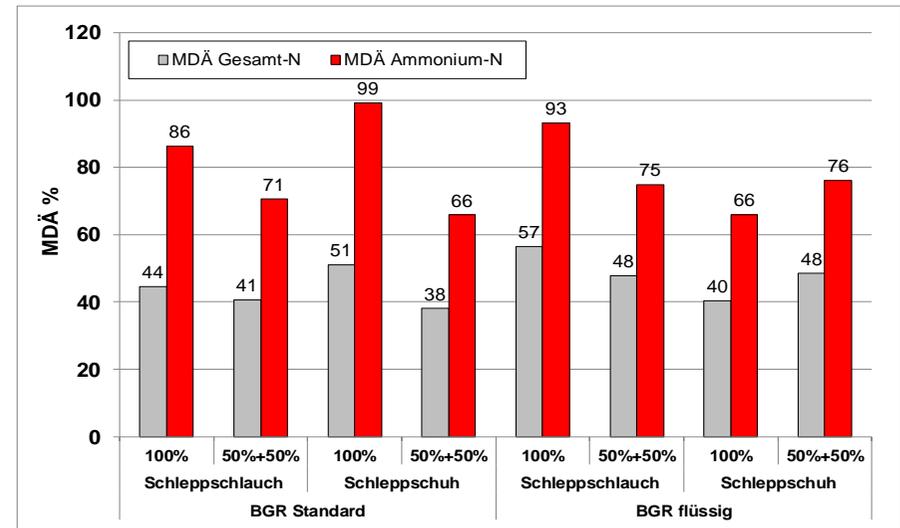


Abb. 32: Mineraldüngeäquivalent bei Gärrestdüngung in einer und geteilter Gabe; Speichersdorf, Mittel der Jahre; n=3

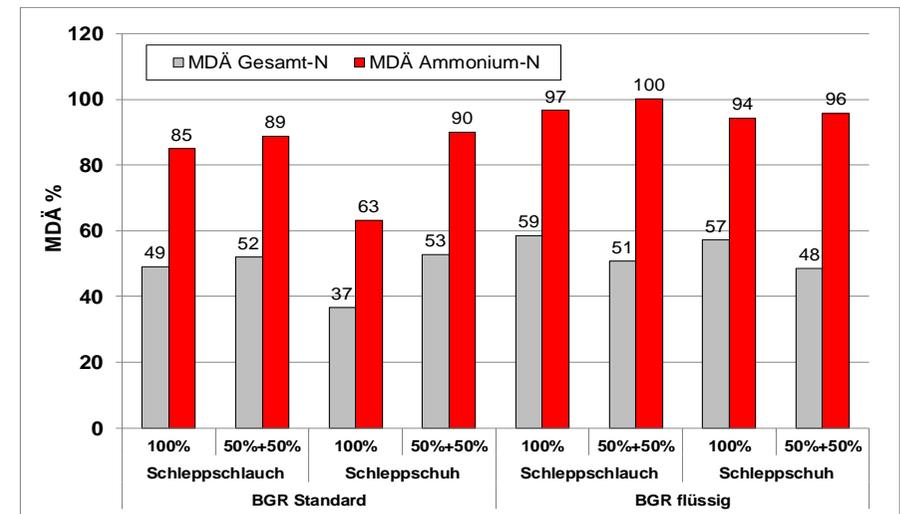


Abb. 33: Mineraldüngeäquivalent bei Gärrestdüngung in einer und geteilter Gabe; Puch, Mittel der Jahre; n=3

N_{min}-Werte:

Die N_{min}-Werte unterscheiden sich nicht durch unterschiedliche Düngungstermine signifikant von einander. Grundsätzlich ist der N_{min}-Wert in Speichersdorf durch geringere Erträge höher als in Puch, siehe Abbildung 34 und 35.

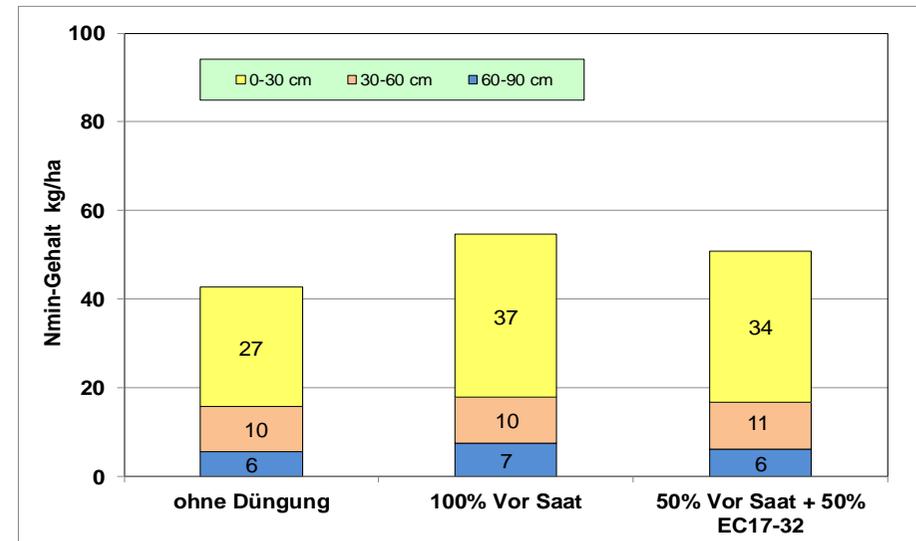


Abb. 34: N_{min}-Gehalte in Speichersdorf (kg/ha) nach der Ernte in Abhängigkeit des Ausbringzeitpunktes; Mittel der Jahre; n=3

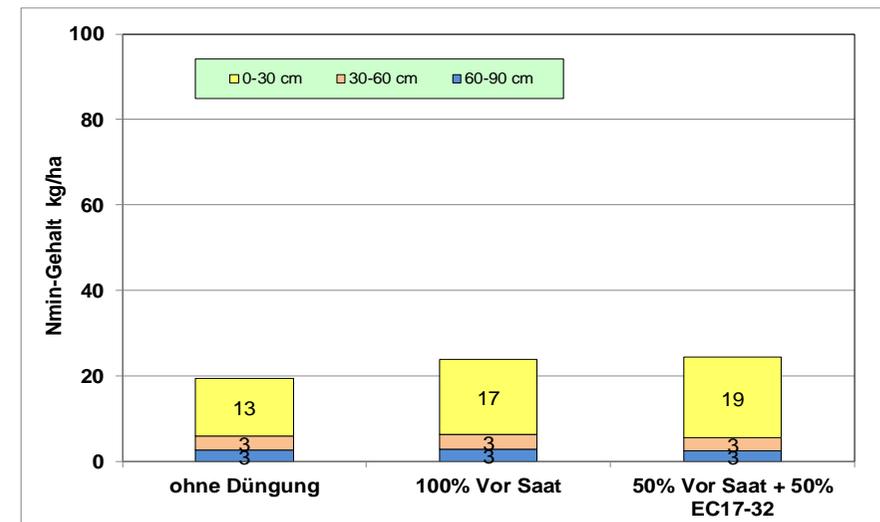


Abb. 35: N_{min}-Gehalte in Puch (kg/ha) nach der Ernte in Abhängigkeit des Ausbringzeitpunktes; Mittel der Jahre; n=3

Fazit

- Düngung mit Biogasgärresten:
 - die ausgebrachten Gärrestmengen sollten sich am Gärrestanfall im Betrieb orientieren (100 % Anfall). Höhere Ausbringungsmengen führen zu deutlich höheren Nährstoffsalden (Kontrollwert der DüV beachten)
 - um einen standorttypischen Optimalertrag zu erreichen, ist eine kombinierte Düngung aus organischen und mineralischen Düngern sinnvoll
 - der Düngetermin der Biogasgärreste sollte sich nach der Befahrbarkeit des Bodens orientieren. Durch eine gezielte mineralische Ergänzungsdüngung kann eine optimale Pflanzenernährung sichergestellt werden
- Gärrestart:
 - der TS-Gehalt hat einen deutlichen Einfluss auf die N-Verwertung in organischen Düngern. Je geringer der TS-Gehalt, desto höher die N-Effizienz
 - die feste Phase von separierten Biogasgärresten hat eine sehr geringe N-Wirkung. Dies ist sowohl auf die hohen gasförmigen Ausbringungsverluste, als auch auf die N-Bindung in der organischen Substanz zurückzuführen
- Ausbringtechnik:
 - Der Schleppschuh kann eine fehlende Einarbeitung zum Teil kompensieren
 - sind die Güllemengen beim Schleppschuh hoch, empfiehlt es sich die Güllegabe in zwei Termine aufzuteilen
- Stabilisierter Gärrest:
 - durch den Einsatz von Entec flüssig kann kein signifikanter Mehrertrag erreicht werden
 - auf leichten Böden kann in der Tendenz die N-Effizienz von organischen Düngern durch den Einsatz von Nitrifikationsinhibitoren verbessert werden
- Einarbeitung
 - eine Einarbeitung führt zu geringeren Ammoniak-Verlusten und erhöht die N-Wirkung von organischen Düngern
 - v.a. Gärreste mit hohem TS-Gehalt (separiert feste Phase) sollten unmittelbar (wenige Minuten) nach der Ausbringung eingearbeitet werden