

Bedarfsgerechte N-Düngung im Depotverfahren

Konzepte und Projekte zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie

28. März 2011 LEL Schw. Gmünd

Dr. M. Mokry, LTZ Augustenberg



(mgl.) Gründe für eine Depotdüngung

- betriebswirtschaftliche Aspekte (Kosten für Düngemittel, Ausbringung, Ausbringungstechnik...)
- Aspekte der Pflanzenernährung (Nährstoff-Synergismen, N-Aneignungsverhalten und Energiehaushalt der Pflanzen...)
- Ökologische Aspekte:
 - Bodenschutz (Struktur, Erosion...)
 - Schutz der Atmosphäre (Ammoniak, Lachgas)
 - Schutz von Grund- und Oberflächenwasser (Nitrat, Phosphat...)
 - Schutz von Biotopen, Wälder... (N-Einträge...)
 - Biodiversität (...Überdüngung)



Anteil der wichtigsten N-Verbindungen und Emittentengruppen an den Gesamtemissionen in der BRD [Gg N a⁻¹]

Sektor	43 kg/ha			35 kg/ha		Anteil [%]	Autor (Zeitraum)
	NO _x	Luft NH ₃	N ₂ O	Wasser NO ₃ ⁻ /NH ₄ ⁺	Summe [kt]		
Landwirtschaft ¹	31,0	517,4	84,0	423,0	1055,4	57,1	ZSE (01-03) UBA (98-00)
Verkehr	257,7	9,1	2,8		269,6	14,6	ZSE (2004)
Industrie/Energie	187,0	17,6	39,2		243,8	13,2	ZSE (2004)
Müllverbrennung	0,9				0,9	0,0	NPVE (2005)
Biogene Abfälle		9,5			9,5	0,5	IFEU (2003)
Abwasser/ Oberflächenabfluss ²			4,7	256,0	269,7	14,6	UBA (98-00) ZSE (2004)
Summe [kt]	476,6	553,6	130,7	688,0	1848,9	100,0	
Anteil [%]	25,8	29,9	7,1	37,2	100,0		
Anteil Landwirtschaft [%]	6,5	93,5	64,3	61,5	57,1		

¹ inklusive Klärschlammausbringung, ² ohne Landwirtschaft

7 kg/ha

Ruser, 2010



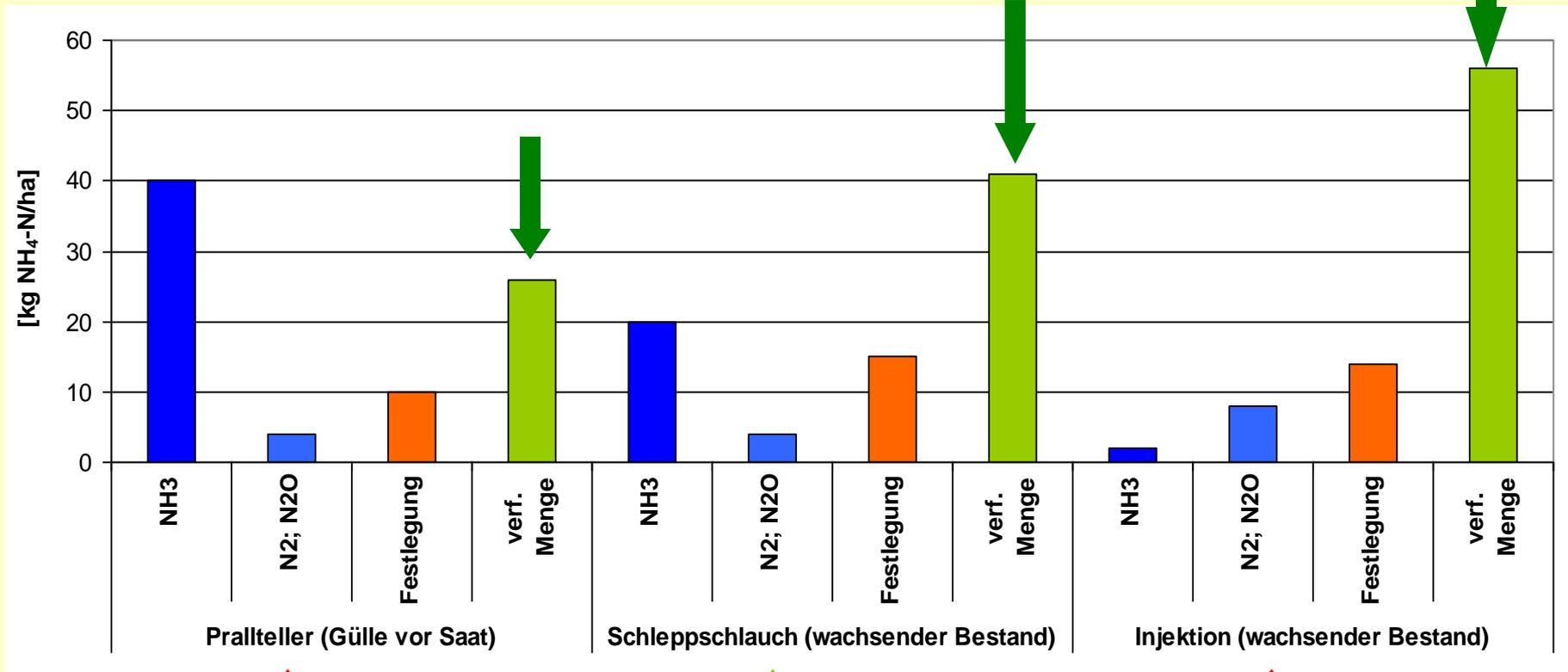
niedrige Effizienz in Folge von

- NH₃-Verlusten: ... bei der Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger (Gülle, Gärreste...) oder Harnstoff!!
- Nitratverlusten: ... außerhalb der Vegetationszeit und in Folge zunehmender Bodenfruchtbarkeit!!
- N₂O-Verlusten: ... in Abhängigkeit von N-Umsatz (Bodenfruchtbarkeit!) und Düngungsniveau ...!!
- Stickoxide



Ausbringungstechnik

Verbleib des Gülle-N bei unterschiedlicher Ausbringungstechnik

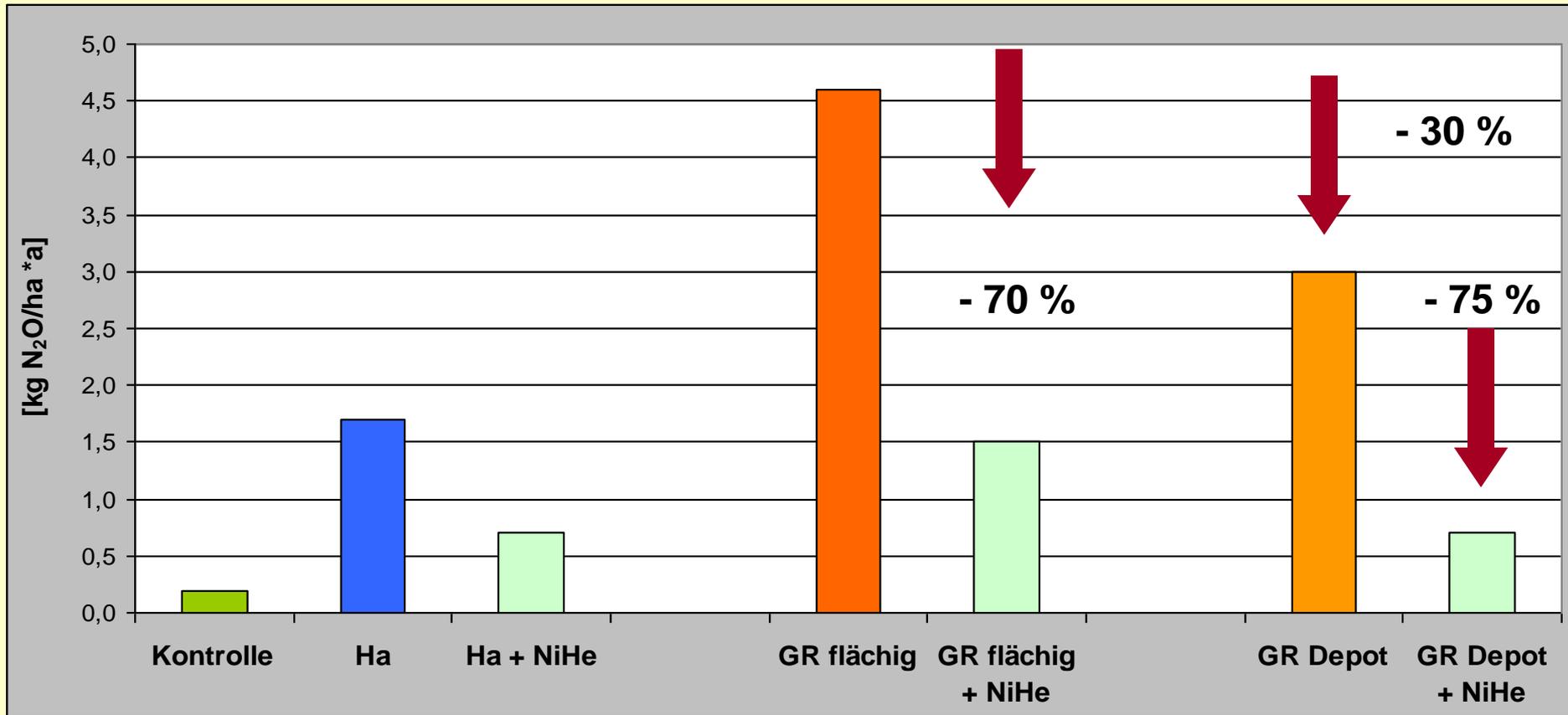


Gutser, 1996



N₂O-Verluste/organische Düngung

Lachgas-Emissionen in Abhängigkeit vom Düngeverfahren



Schraml, 2009



Bewertung - Stickstoff

1 ha (Silo-) Energiemais entzieht ca. 220 kg Ges.-N/ha

Biogasanlage

keine Verluste (im System)!

Lagerverluste 5 %

Ausbringungsverluste 14,3 %

= ca. 40 - 45 kg N/ha

- **ca. 170 - 180 kg Ges.-N/ha zur Düngung**
- **davon anrechenbar: derzeit 60 % (?) = ca. 110 kg N/ha**



N-Ergänzung

Höhe der mineralischen N-Ergänzung:

tolerierbarer N-Überschuss (§§ 5, 6 DüV)

60 kg N/ha * a

- Differenz zwischen anr. N und Gesamt-Bedarf in voller Höhe
- Erhöhung des anrechenbaren N-Anteils



Nährstoffvergleich

Modellrechnung

N-Saldo [kg/ha] nach DüV (§ 5)

Jahr Kultur	2009	2009/10	2011	2011	2009 - 2011	
	Mais	Weizen	Gerste	Senf	Summe	Mittel
50% Düngung mit Gärrest	-81	23	6	55	3	1
100/50% Düngung mit Gärrest	-62	23	6	55	22	7
100% Düngung mit Gärrest	-62	51	27	55	70	23

 **DüV wird eingehalten!**

Raum f. min. N-Gabe vorhanden!



Bewertung - Phosphor

1 ha (Silo-) Energiemais entzieht ca. 80 kg P_2O_5 /ha

Biogasanlage

keine Verluste (im System)!

Lagerverluste 0 %

Ausbringungsverluste 0 %

- **ca. 80 kg P_2O_5 /ha zur Düngung**
 - davon anrechenbar: 100 %

(max. mögliche) mineralische P-Ergänzung:

20 kg P_2O_5 /ha n. DüV (??)



P-/K-Bilanzierungsbeispiel

(Energie-) Mais – 50 t FM/ha

Wi.Weizen (Korn) – 8,5 t/ha

Wi.Gerste (Korn) – 7,5 t/ha (plus Gründüngung m. Gärrest-Dg.)

		Düngung: 50% Gärrest		Düngung: 100% Gärrest	
		P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O
Zufuhr über	Gärrest	158	416	288	759
	mineralisch	120	179	10	
Abfuhr		214	337	214	337
Saldo (im Mittel von 3 Jahren)		21	86	28	141



§§ 5, 6 DüV

Häufigkeitsverteilung der CAL-P-Gehaltsklassen in Baden-Württemberg

Nutzung	Zeitraum	Anteil [%] untersuchte Bodenproben				
		A	B	C	D	E
Acker (n = 322.100)	2004 - 2009	5	11	43	29	12
Grünland (n = 157.832)	2004 - 2009	23	24	35	13	5

LTZ/IUD, 2010



Bei Biogasproduktion mittelfristig keine Entspannung zu erwarten:

- **P-Wirkung einer UFD org.?**
- **Transportkosten!**



Prinzip einer Depotdüngung

Düngerplatzierung

N-Form

N-Menge

Terminierung

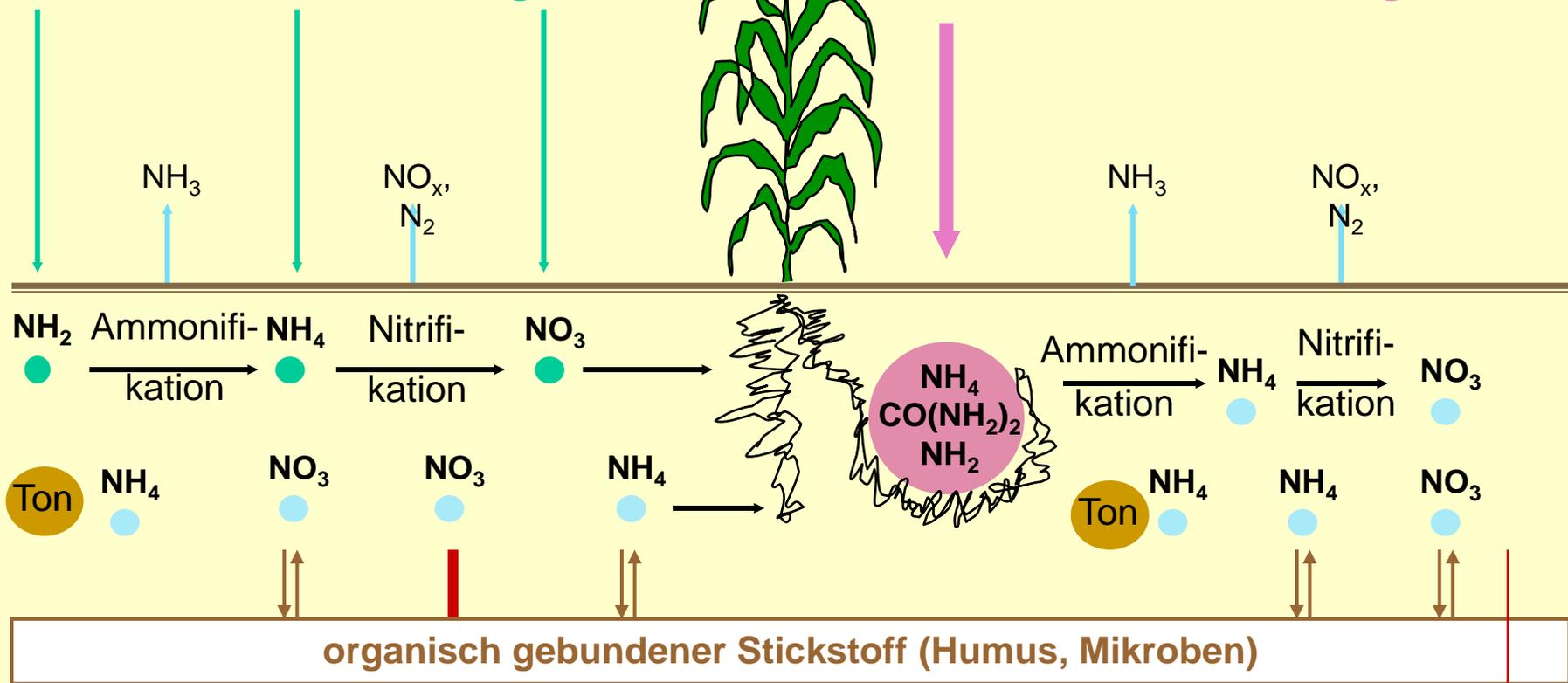


Flächendüngung (Amid-, Ammon-, Nitratdünger)

Depotdüngung/CULTAN (Amid-, Ammondünger)

Maximale Oberfläche der
Düngermenge = schnelle
Umwandlung

Minimale Oberfläche der
Düngermenge = langsame bis
fehlende Umwandlung



Auswaschung

... bis zur N-Aufnahme...

Auswaschung



Ergebnisse aus Exakt- Feldversuchen in Baden- Württemberg

(2 Jahre, 6 Standorte)

- Verfahrensvergleich „mineralische N-Düngung zu Winterweizen“



fl. mineralische N-Dünger:

Pflanzenschutzspritze (Band, oberflächlich)



Bild: Ostalbkreis



Pflanzenschutzspritze (Band, oberflächlich)



Bild: Ostalbkreis



fl. mineralische N-Dünger: „Sternradtechnik – Punktdepot, injiziert)



18/02/2007



Sternrad



Versuchsplan

Variante	Veg. Beginn (EC 21-25)	Mitte Bestockung EC 25 - 29	EC 29 - 31	b. beginnenden Aufhellungen (EC 31 - 32)	Spätdüngung
1	ohne N				
2	30 % KAS	--	40 % KAS	--	30 % KAS
Depotdüngung mit AHL bzw. ASL					
3	--	--	--	100 % AHL Injektion	--
4	--	--	--	100 % AHL Schleppschlauch	--
5	--	--	--	100 % ASL Injektion	--
6	--	--	--	100 % ASL Schleppschlauch	--
7	--	--	--	80 % ASL Injektion	--
8	--	--	--	80 % ASL Schleppschlauch	--
Prüfung von Festdünger in einer Gabe					
9	--	--	--	100 % KAS	--
10	--	--	--	100 % Ha	--



Versuchsdurchführung - 2010

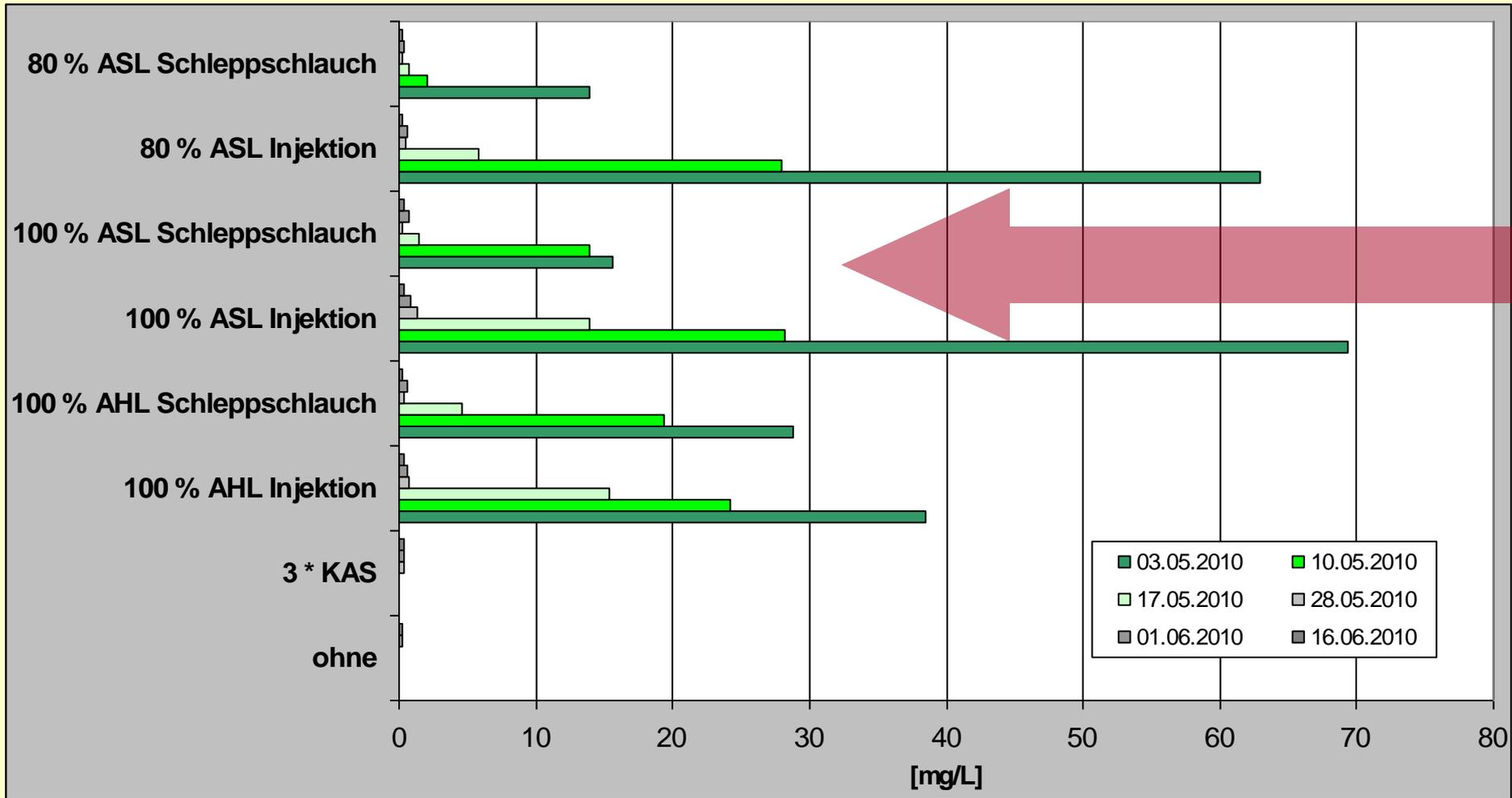
Vorfrucht: Winterraps - Z. Rüben - Hafer

Weizensorten: „Korntypen“ (d.h. Kornzahl/Ähre und TKM – betonte Sorten!!): z.B. Pamir, Limes

N-Bedarf: 165 – 200 kg/ha



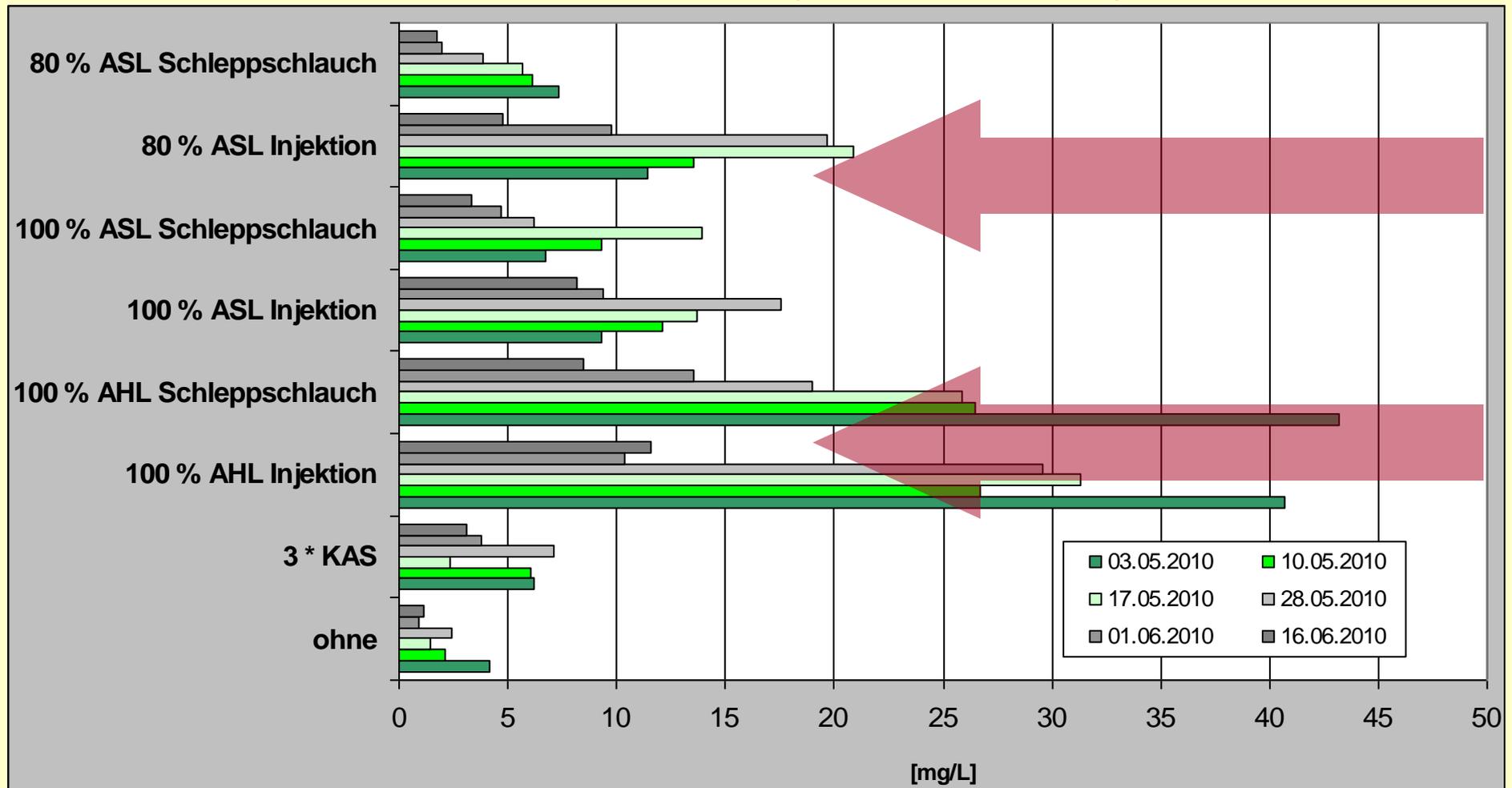
Zeitlicher Verlauf der Ammoniumgehalte im Oberboden (0 - 20 cm)



Termin-Depotdüngung: 26.04. (Münzesheim)



Zeitlicher Verlauf der Nitratgehalte im Oberboden (0 - 20 cm)



Termin-Depotdüngung: 26.04. (Münzesheim)



Injektion: tendenziell niedrigere Best.Dichte

ASL < AHL

Variante	Veg. Beginn (EC 21-25)	Mitte Bestockung EC 25 - 29	EC 29 - 31	b. beginnenden Aufhellungen (EC 31 - 32)	Spätdüngung	Bestandesdichte	
						[absolut/m²]	[rel. z. VG 2]
1	ohne N					391	
2	30 % KAS	--	40 % KAS	--	30 % KAS	528	
Depotdüngung mit AHL bzw. ASL							
3	--	--	--	100 % AHL Injektion	--	514	97
4	--	--	--	100 % AHL Schleppschlauch	--	529	100
5	--	--	--	100 % ASL Injektion	--	494	94
6	--	--	--	100 % ASL Schleppschlauch	--	546	103
7	--	--	--	80 % ASL Injektion	--	488	92
8	--	--	--	80 % ASL Schleppschlauch	--	496	94
Prüfung von Festdünger in einer Gabe							
9	--	--	--	100 % KAS	--	511	97
10	--	--	--	100 % Ha	--	544	103



Injektion = Schleppschlauch

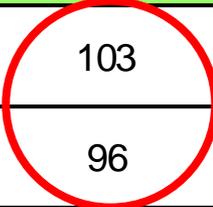
ASL = AHL

Variante	Veg. Beginn (EC 21-25)	Mitte Bestockung EC 25 - 29	EC 29 - 31	b. beginnenden Aufhellungen (EC 31 - 32)	Spätdüngung	Kornertrag	
						[dt/ha]	[rel. z. VG 2]
1	ohne N					55,0	
2	30 % KAS	--	40 % KAS	--	30 % KAS	89,5	
Depotdüngung mit AHL bzw. ASL							
3	--	--	--	100 % AHL Injektion	--	89,7	100
4	--	--	--	100 % AHL Schleppschlauch	--	89,0	100
5	--	--	--	100 % ASL Injektion	--	87,7	98
6	--	--	--	100 % ASL Schleppschlauch	--	90,2	101
7	--	--	--	80 % ASL Injektion	--	86,3	96
8	--	--	--	80 % ASL Schleppschlauch	--	85,2	95
Prüfung von Festdünger in einer Gabe							
9	--	--	--	100 % KAS	--	89,8	100
10	--	--	--	100 % Ha	--	87,5	98



Injektion: deutlich höhere Rohproteingehalte ASL >> AHL

Variante	Veg. Beginn (EC 21-25)	Mitte Bestockung EC 25 - 29	EC 29 - 31	b. beginnenden Aufhellungen (EC 31 - 32)	Spätdüngung	Rohprotein	
						[% TM]	[rel. z. VG 2]
1	ohne N					9,4	
2	30 % KAS	--	40 % KAS	--	30 % KAS	12,5	
Depotdüngung mit AHL bzw. ASL							
3	--	--	--	100 % AHL Injektion	--	12,7	101
4	--	--	--	100 % AHL Schleppschlauch	--	12,0	96
5	--	--	--	100 % ASL Injektion	--	13,5	108
6	--	--	--	100 % ASL Schleppschlauch	--	12,4	99
7	--	--	--	80 % ASL Injektion	--	12,9	103
8	--	--	--	80 % ASL Schleppschlauch	--	12,1	96
Prüfung von Festdünger in einer Gabe							
9	--	--	--	100 % KAS	--	11,9	95
10	--	--	--	100 % Ha	--	11,5	92



N-Saldo: ausgeglichen

Ausnahme: 80 % N-Gabe!!

Variante	Veg. Beginn (EC 21-25)	Mitte Bestockung EC 25 - 29	EC 29 - 31	b. beginnenden Aufhellungen (EC 31 - 32)	Spätdüngung	N-Saldo	N-Dynamik
						[kg N/ha]	
1	ohne N					-79	-57
2	30 % KAS	--	40 % KAS	--	30 % KAS	1	12
Depotdüngung mit AHL bzw. ASL							
3	--	--	--	100 % AHL Injektion	--	2	14
4	--	--	--	100 % AHL Schleppschlauch	--	10	30
5	--	--	--	100 % ASL Injektion	--	-8	0
6	--	--	--	100 % ASL Schleppschlauch	--	1	7
7	--	--	--	80 % ASL Injektion	--	-33	-22
8	--	--	--	80 % ASL Schleppschlauch	--	-22	-7
Prüfung von Festdünger in einer Gabe							
9	--	--	--	100 % KAS	--	7	26
10	--	--	--	100 % Ha	--	16	29



Injektion > Schleppschlauch

ASL > AHL

Variante	Veg. Beginn (EC 21-25)	Mitte Bestockung EC 25 - 29	EC 29 - 31	b. beginnenden Aufhellungen (EC 31 - 32)	Spätdüngung	N-Effizienz	
						[%]	[rel. z. VG 2]
1	ohne N						
2	30 % KAS	--	40 % KAS	--	30 % KAS	1,00	
Depotdüngung mit AHL bzw. ASL							
3	--	--	--	100 % AHL Injektion	--	1,00	100
4	--	--	--	100 % AHL Schleppschlauch	--	0,94	95
5	--	--	--	100 % ASL Injektion	--	1,05	106
6	--	--	--	100 % ASL Schleppschlauch	--	1,00	101
7	--	--	--	80 % ASL Injektion	--	1,18	118
8	--	--	--	80 % ASL Schleppschlauch	--	1,10	111
Prüfung von Festdünger in einer Gabe							
9	--	--	--	100 % KAS	--	0,96	96
10	--	--	--	100 % Ha	--	0,91	91

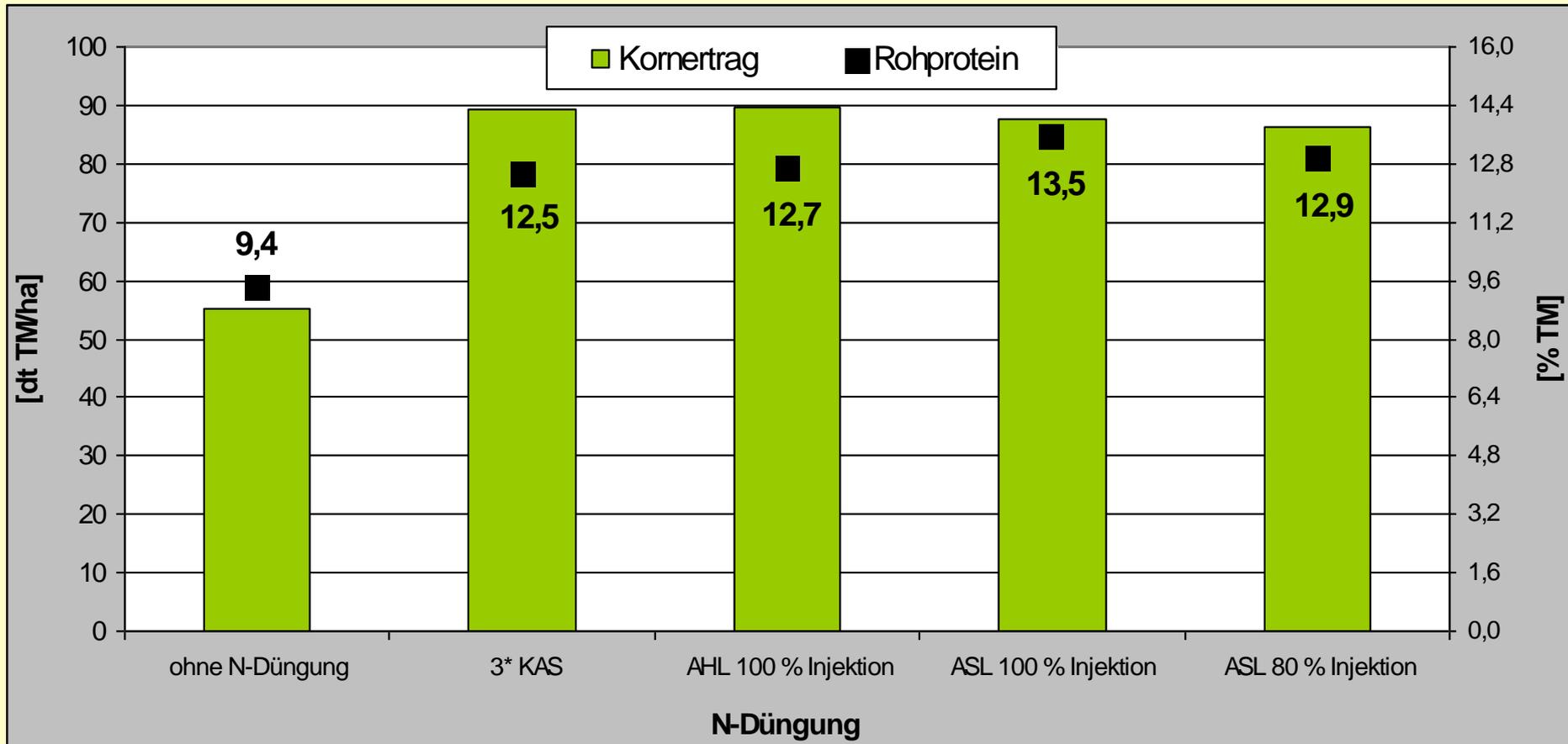


... Kornqualität - keine Unterschiede

Variante	Veg. Beginn (EC 21-25)	Mitte Bestockung EC 25 - 29	EC 29 - 31	b. beginnenden Aufhellungen (EC 31 - 32)	Spätdüngung	TKM		Siebsortierung	
						[g]	[rel. z. VG 2]	[2,5 - 2,8 mm]	[rel. z. VG 2]
1	ohne N					46,6		94,8	
2	30 % KAS	--	40 % KAS	--	30 % KAS	46,9		96,5	
Depotdüngung mit AHL bzw. ASL									
3	--	--	--	100 % AHL Injektion	--	45,3	97	94,7	98
4	--	--	--	100 % AHL Schleppschlauch	--	45,0	96	94,5	98
5	--	--	--	100 % ASL Injektion	--	44,6	95	94,4	98
6	--	--	--	100 % ASL Schleppschlauch	--	45,3	97	94,6	98
7	--	--	--	80 % ASL Injektion	--	44,8	96	93,8	97
8	--	--	--	80 % ASL Schleppschlauch	--	45,5	97	94,3	98
Prüfung von Festdünger in einer Gabe									
9	--	--	--	100 % KAS	--	44,8	96	94,7	98
10	--	--	--	100 % Ha	--	45,4	97	95,2	99



Verfahrensvergleich N-Düngung zu „Winterweizen“ (6 Standorte, 2 Jahre)



Fazit (1)

- Technische Voraussetzungen vorhanden oder kostengünstig zu beschaffen.
- Steigende N-Düngerpreise fördern Verfahren, da Kosteneinsparung möglich.
- N-Effizienz (Klima- und Wasserschutz!) im **Injektionsverfahren** erwartungsgemäß höher (zus. Reduktion der Lachgasemission).
- Die Depotdüngung im **Injektionsverfahren** ist eine Möglichkeit, auf sich ändernde ökonomische und ökologische Rahmenbedingungen zu reagieren!



Verfahrensvergleich mit fl. Wirtschaftsdünger zu Silo- und Körnermais

Versuchsstandorte:

- Ettlingen (Silo- und Körnermais)

Vorfrucht: Winterweizen/Zw. Frucht



oberflächlich, ohne Einarbeitung



J. Schuler



oberflächlich, eingearbeitet



Güllegrubber (eingearbeitet, Band-eng)



J. Riexinger

Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg



Injektion, Band-eng



Bild: Schuler



Injektion, Band-eng



Bild: Schuler

Injektion, Band-eng



Bild: Schuler



Versuchsplan:

Form	Verfahren	Stabilisierung	Bemerkung
ohne N			
mineralisch N	KAS		2 Teilgaben
	ALZON 46		1 Gabe zur Saat
Gärrest	flächig	ohne	
		ENTEC fl.	
Gärrest	Banddepot	ohne	
		PIADIN fl.	
Gärrest	Banddepot	25 % ATS	
		25 % ALZON 46	

2009 + 2010

2010

75 % Varianten, wenn P-Saldo nach DüV nicht erreichbar!



Kennndaten – fl. Gärrest

TS	[% FM]	7,7
pH		8,3
Gesamt-N		4,4
NH ₄ -N	60 % Ammonium!	2,4
P ₂ O ₅		1,9
K ₂ O	[kg/m ³ FM]	4,8
Mg		0,8
S		0,4
org. S.		52
C_{repr.}		9,4
bwS	[kg/m ³ FM]	4,8

„N_{schnell}“!!!

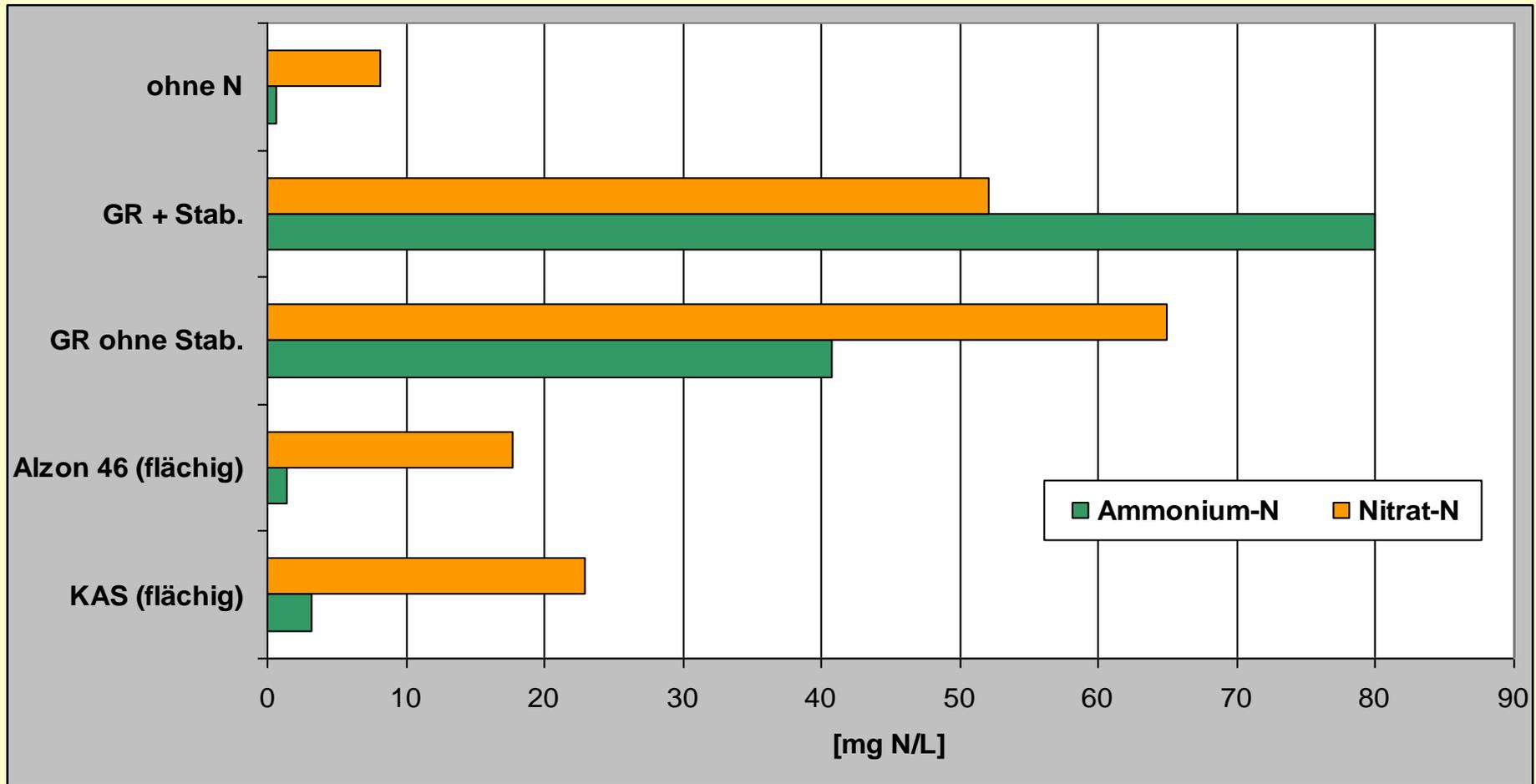


... ausgebrachte Nährstoffe (b. 100 % Düngung m. GR fl.)

Düngerstoff	[kg/ha]
Gesamt-N	246
NH ₄ -N	134
anr. N 70 % anr. N!!	156
P₂O₅	106
K ₂ O	270
C_{rep}*	470
bas. wirksame Substanz	270



Ammonium- und Nitratgehalte im Boden (0 – 20 cm) Anfang Juni bis Mitte Juli 2010 - Exaktversuch 2010



Ertrag und Rest-N bei Silomais - 2010

Versuchsglieder	Ertrag-Silomais		N_{min} n. Ernte
	[t TM/ha]	[rel. zu KAS]	[kg/ha] 0 - 90 cm
ohne N	14,7		
KAS	19,4		6
Alzon 46	18,5	95	4
Gärrest - flächig (ohne Stab.)	19,1	99	4
Gärrest - flächig (mit Stab.)	18,5	97	4
Gärrest - Depot (ohne Stab.)	17,1	88	18
Gärrest - Depot (mit Stab.)	18,4	95	24
Versuchsmittel (ged. Varianten)	18,5		

Keine signifikanten Ertragsunterschiede
(Ausnahme: GR-Depot ohne Stabilisierung?)



Nährstoffentzüge von Silomais - 2010

Versuchsglieder	N-Entzug	P ₂ O ₅ -Entzug	K-Entzug
	[kg/ha]		
ohne N			
KAS	214	80	150
Alzon 46	182	75	148
Gärrest - flächig (ohne Stab.)	230	98	154
Gärrest - flächig (mit Stab.)	203	93	145
Gärrest - Depot (ohne Stab.)	159	79	127
Gärrest - Depot (mit Stab.)	182	80	147

 **ca. 20 kg P₂O₅/ha Positivsaldo**



Ertrag und N-Effizienz von Körnermais - 2010

Versuchsglieder	<i>Ertrag-Körnermais</i>		N-Effizienz	Nmin (n. Ernte)
	[t TM/ha]	[rel. z. KAS]	[%]	[kg/ha]
ohne N				
KAS	10,2		107	5
Alzon 46	8,8	86	81	3
Gärrest - flächig (ohne Stab.)	10,9	98	104	
Gärrest - flächig (mit Stab.)	10,6	96	98	
Gärrest - Depot (ohne Stab.)	9,8	96	84	3
Gärrest - Depot (mit Stab.)	9,5	93	81	3
Versuchsmittel	10,0			

- N-Effizienz: 80 % bis > 100 %
(d.h. die Erhöhung des anr. N auf 70 % wurde bestätigt!)



Nährstoffentzüge von Körnermais - 2010

Versuchsglieder	N-Entzug	P ₂ O ₅ -Entzug	K-Entzug
	[kg/ha]		
ohne N	119	66	34
KAS	163	68	35
Alzon 46	130	63	33
Gärrest - flächig (ohne Stab.)	166	81	40
Gärrest - flächig (mit Stab.)	156	74	38
Gärrest - Depot (ohne Stab.)	139	69	38
Gärrest - Depot (mit Stab.)	134	69	38
Versuchsmittel			

 **ca. 30 kg P₂O₅/ha Positivsaldo**



Fazit

Eine nachhaltige Düngung von Mais mit fl. Wirtschaftsdüngern ist **ohne** größere Ertragseinbußen **prinzipiell** möglich.

Technische und verfahrenstechnische Möglichkeiten wie die Depotverfahren zur Verbesserung der (Dünge-) N-Effizienz sind vorhanden.

Häufig wird jedoch der n. DüV mögliche P-Saldo überschritten (insb. bei Körnermais – auch bei Teildüngung m. fl. WD).



Ausblick

- Fortführung der Depotdüngungsversuche zu Mais
- Überprüfung der **P-Wirkung** fl. WD im Depot (UFD) im Vergleich zu mineralischer P-UFD
- Einsatz fl. WD im Herbst zu W. Gerste im Depotverfahren ergänzt um eine NH_4 -Stabilisierung



*Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit*

