

# Versuche zur umweltgerechten N-(P-)Düngung von Mais (m. fl. Wirtschaftsdüngern)

Emmendingen-Hochburg

Maistagung 2011

24.02.2011

Dr. M. Mokry, LTZ Augustenberg

... hinsichtlich N-Effizienz und P-Saldo  
organisch-mineralischer Düngung (fl. WD)

## Versuchsfragen

- Wirkungsvergleich mineralischer und organisch-mineralischer (N-)-Düngung zu Mais
- Wirkungsvergleich verschiedener Düngungsverfahren mit fl. Wirtschaftsdüngern zu Mais



# Effizienz der N-Düngung

(aktuelle) Situation und (ausgewählte)  
Handlungsspielräume .....



# Anteil der wichtigsten N-Verbindungen und Emittentengruppen an den Gesamtemissionen in der BRD [Gg N a<sup>-1</sup>]

Sektor	43 kg/ha			35 kg/ha		Summe [kt]	Anteil [%]	Autor (Zeitraum)
	Luft NO <sub>x</sub>	Luft NH <sub>3</sub>	Luft N <sub>2</sub> O	Wasser NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Wasser			
Landwirtschaft <sup>1</sup>	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 <sup>2</sup>			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			
<b>Anteil Landwirtschaft [%]</b>	<b>6,5</b>	<b>93,5</b>	<b>64,3</b>	<b>61,5</b>	<b>57,1</b>			

<sup>1</sup> inklusive Klärschlammausbringung, <sup>2</sup> ohne Landwirtschaft

7 kg/ha

Ruser, 2010



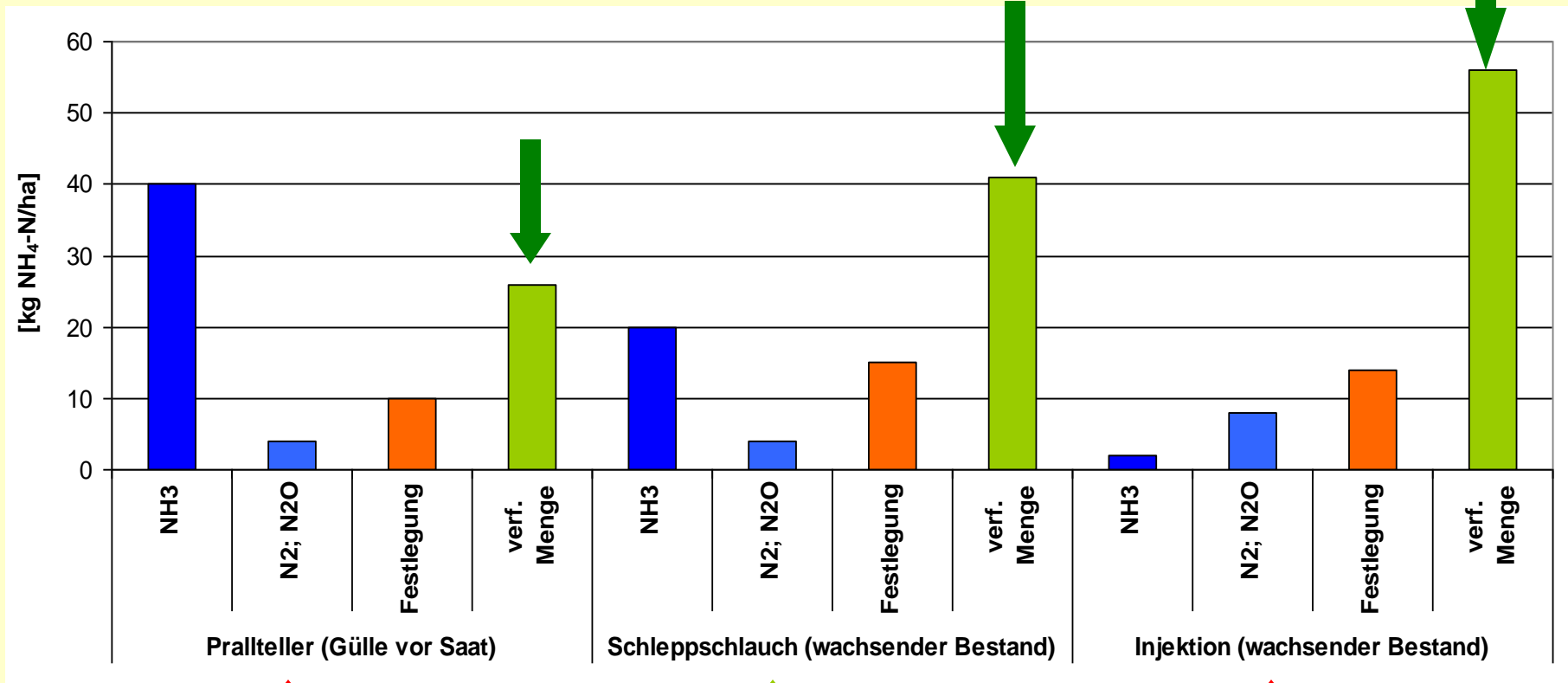
# Effizienzmindering durch

- NH<sub>3</sub>-Verluste: ... bei der Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger (Gülle, Gärreste...) oder Harnstoff!!
- Nitratverluste: ... außerhalb der Vegetationszeit und in Folge zunehmender Bodenfruchtbarkeit!!
- N<sub>2</sub>O-Verluste: ... in Abhängigkeit von N-Umsatz (Bodenfruchtbarkeit!) und Düngungsniveau ...!!
- Stickoxide .....



# Ausbringungstechnik

## Verbleib des Gülle-N bei unterschiedlicher Ausbringungstechnik

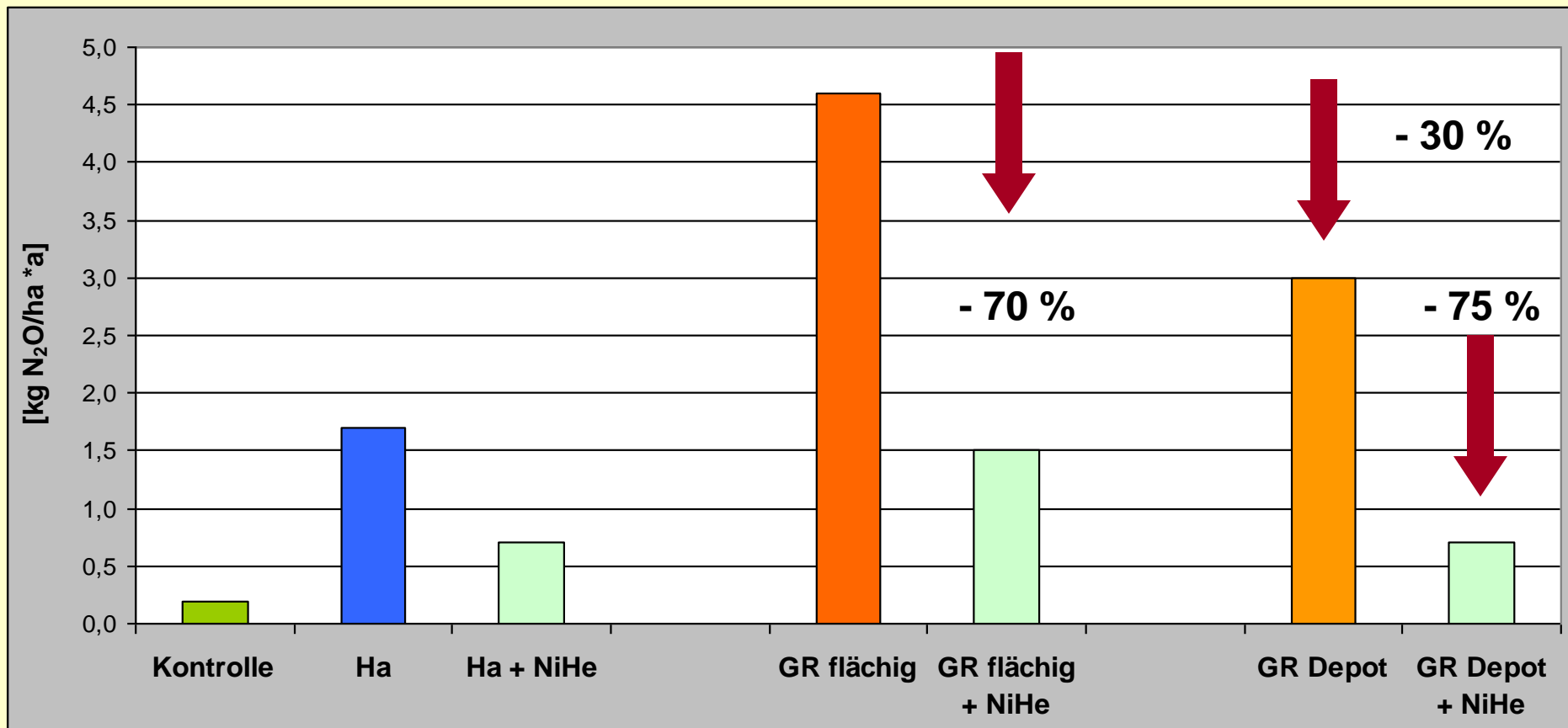


Gutser, 1996



# N<sub>2</sub>O-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. 180 kg Ges.-N/ha zur Düngung
- davon anrechenbar: derzeit 60 % (?) = ca. 110 kg N/ha





# Bewertung - Stickstoff



- mineralische N-Ergänzung in voller Höhe
- Überprüfung/Erhöhung des anrechenbaren N-Anteils

## Höhe der mineralischen N-Ergänzung:

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

**60 kg N/ha \* a**

2. tolerierbarer N-Überschuss (§§ 5, 6 DüV) + N-Verluste

**ca. 100 kg N/ha (???)**




# 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

## Modellrechnung [kg/ha]

(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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<b>Zufuhr</b> über	Gärrest	158	416	288	759
	mineralisch	120	179	10	
<b>Abfuhr</b>		214	337	214	337
<b>Saldo (im Mittel von 3 Jahren)</b>		21	86	28	141



**§§ 5, 6 DüV**



# Nährstoffbewertung - Fazit

**mineralische N-Ergänzung** abh. von:

N-Effizienz -- anrechenbarer N-Menge fl. WD  
pflanzen-/ackerbauliche Rahmenbedingungen

**mineralische P-Ergänzung** abh. von:

P-Versorgung des Bodens (P-Saldo n. DüV!)  
Berücksichtigung einer UFD (mineralisch!)  
pflanzen-/ackerbauliche Rahmenbedingungen



# Wirkungsvergleich mit fl. Wirtschaftsdünger zu Silo- und Körnermais

## Versuchsstandorte:

- Ettlingen (Silo- und Körnermais)  
Vorfrucht: Winterweizen/Zw. Frucht
- Saulgau (Silomais)  
Vorfrucht: Mais



# Versuchsplan

Form	Verfahren	Stabilisierung	Bemerkung
ohne N			
mineralisch N	KAS		2 Teilgaben
Gärrest	flächig	ohne	
		ENTEC fl.	
		PIADIN fl.	
S. Gülle	flächig	ohne	
		ENTEC fl.	
		PIADIN fl.	

2009 + 2010

N-Bedarf (n. NID) – m. fl. WD ausgebracht!!



# Bodenkenndaten - Ettlingen

Typ	Gley
Art (Krume)	schluffiger Lehm
Humus	1.5 - 4 % humos
Kulturzustand	mittel
Ackerzahl	75
Vorfrucht	Winterweizen
Grundbearbeitung	Pflug ohne Packer
pH-Wert	<b>5,8</b>
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> [mg/100 g B.]	<b>14</b>
K <sub>2</sub> O [mg/100 g B.]	<b>23</b>
Mg [mg/100 g B.]	<b>10</b>
N <sub>min</sub> 0-90 cm [kg/ha]	<b>4</b>



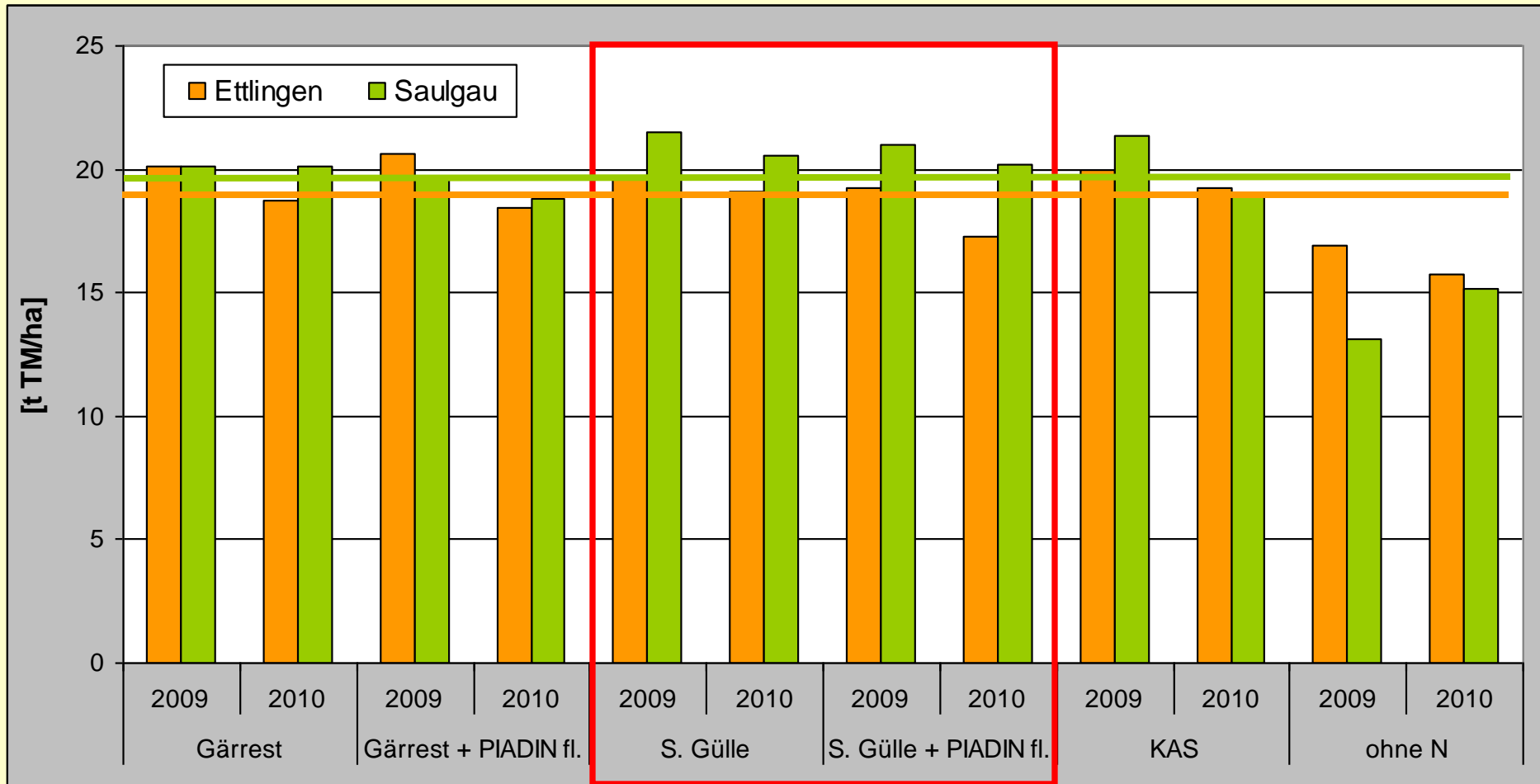


# Bodenkenndaten - Saulgau

Typ	Parabraunerde
Art (Krume)	sandiger Lehm
Humus	1.5 - 4 % humos
Kulturzustand	gut
Ackerzahl	
Vorfrucht	Silomais
Grundbearbeitung	Pflug ohne Packer
pH-Wert	<b>5,9</b>
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> [mg/100 g B.]	<b>34</b>
K <sub>2</sub> O [mg/100 g B.]	<b>22</b>
Mg [mg/100 g B.]	<b>8</b>
N <sub>min</sub> 0-90 cm [kg/ha]	<b>6</b>



# TM-Ertrag – Silomais (Jahre und Standorte)



2009: i. Mittel 19,7 t TM/ha

2010: i. Mittel 18,6 t TM/ha



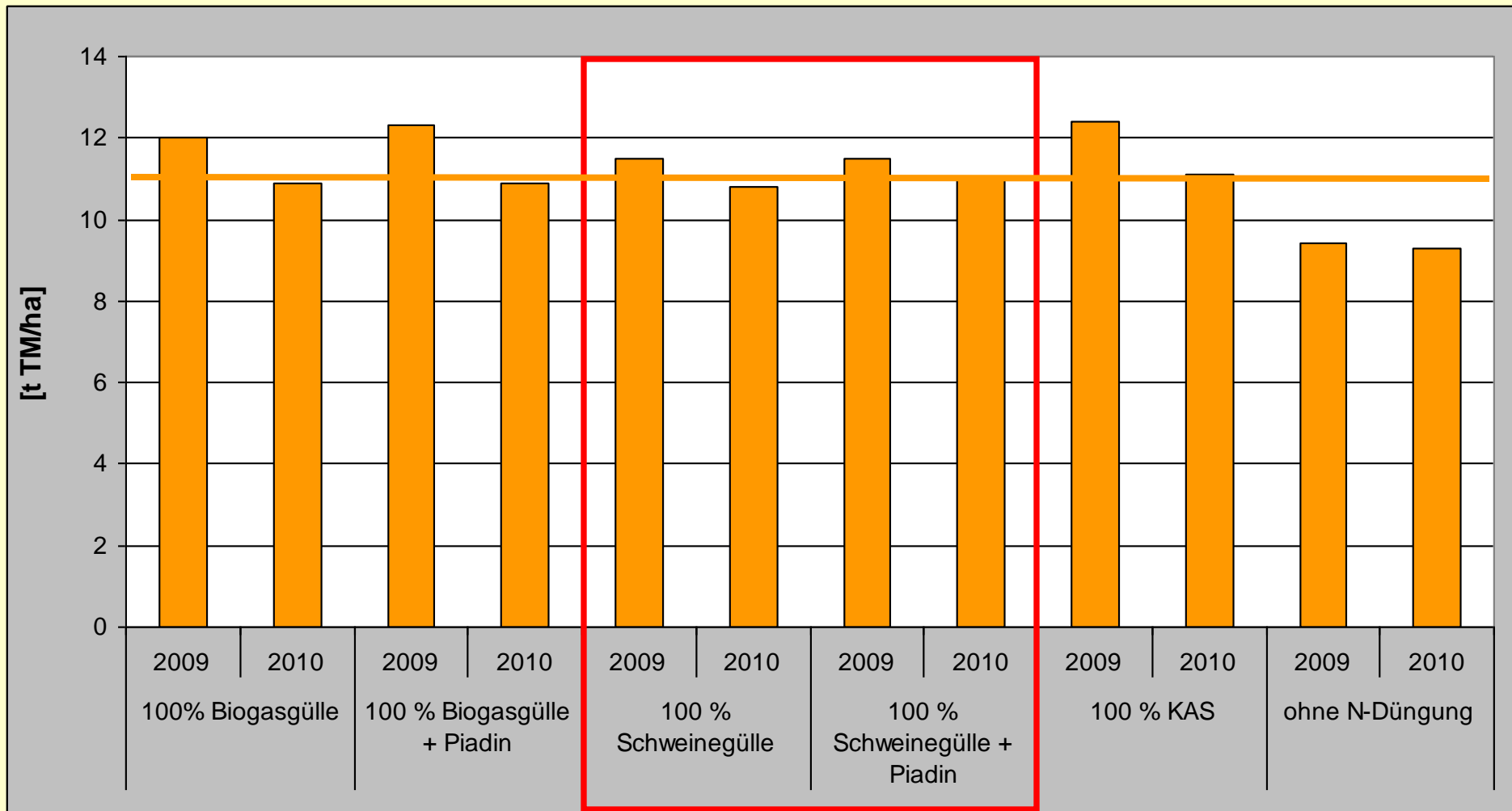
# TM-Ertrag - Silomais (Mittel über Jahre und Orte)

Versuchsglieder	Ertrag-Silomais	
	[t TM/ha]	[rel. zu KAS]
ohne N	15,3	
KAS	19,9	
Gärrest - breit (ohne Stab.)	19,8	99
Gärrest - breit (mit Stab.)	19,7	99
<b>S.Gülle - breit (ohne Stab.)</b>	<b>20,2</b>	<b>102</b>
S.Gülle - breit (mit Stab.)	19,5	98
<b>Versuchsmittel (ged. Varianten)</b>	<b>19,8</b>	

Keine signifikanten Ertragsunterschiede zur mineralischen N-Düngung!



# TM-Ertrag – Körnermais (Jahre)



2009: i. Mittel 11,8 t TM/ha

2010: i. Mittel 10,7 t TM/ha



# Ertrag - Körnermais (Mittel über Jahre)

Versuchsglieder	<i>Ertrag-Körnermais</i>	
	[t TM/ha]	[rel. zu KAS]
ohne N	9,3	
KAS	11,7	
Gärrest - breit (ohne Stab.)	11,5	98
Gärrest - breit (mit Stab.)	11,6	99
<b>S.Gülle - breit (ohne Stab.)</b>	<b>11,2</b>	<b>95</b>
S.Gülle - breit (mit Stab.)	11,5	99
<b>Versuchsmittel (ged. Varianten)</b>	<b>11,5</b>	

Keine signifikanten Ertragsunterschiede zur mineralischen N-Düngung  
(Ausnahme: S.Gülle breit ohne Stabilisierung?)



# Verfahrensvergleich mit fl. Wirtschaftsdünger zu Silo- und Körnermais

## Versuchsstandorte:

- Ettlingen (Silo- und Körnermais)

Vorfrucht: Winterweizen/Zw. Frucht



# Versuchsplan:

Form	Verfahren	Stabilisierung	Bemerkung
ohne N			
mineralisch N	KAS		2 Teilgaben
	ALZON 46		1 Gabe zur Saat
Gärrest	flächig	ohne	
		ENTEC fl.	
		PIADIN 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 <sub>4</sub> -N	60 % Ammonium!	2,4
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		1,9
K <sub>2</sub> O	[kg/m <sup>3</sup> FM]	4,8
Mg		0,8
S		0,4
org. S.		52
<b>C<sub>repr.</sub></b>		<b>9,4</b>
bwS	[kg/m <sup>3</sup> FM]	4,8

„N<sub>schnell</sub>“!!!





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

Düngerstoff	[kg/ha]
Gesamt-N	246
NH <sub>4</sub> -N	134
anr. N	70 % anr. N!! 156
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	106
K <sub>2</sub> O	270
C <sub>rep</sub> *	470
bas. wirksame Substanz	270

ca. 75 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha bei mineralischer N-Teilgabe



# Ertrag und Rest-N bei Silomais - 2010/Ettlingen

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
<b>S.Gülle - flächig (ohne Stab.)</b>	<b>19,9</b>	<b>103</b>	<b>4</b>
S.Gülle - flächig (mit Stab.)	19,1	94	4
<b>Gärrest - Depot (ohne Stab.)</b>	<b>17,1</b>	<b>88</b>	<b>18</b>
Gärrest - Depot (mit Stab.)	18,4	95	24
Gärrest - Depot (ohne Stab.) + ASL	18,6	96	9
Gärrest - Depot (ohne Stab.) + <b>Alzon 46</b>	18,3	94	11
<b>Versuchsmittel (ged. Varianten)</b>	<b>18,7</b>		

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



# Nährstoffentzüge von Silomais - 2010/Ettingen

Versuchsglieder	N-Entzug	P-Entzug	K-Entzug
	[kg/ha]		
ohne N			
KAS	214	80	150
Alzon 46	182	75	148
<b>Gärrest - flächig (ohne Stab.)</b>	<b>230</b>	<b>98</b>	<b>154</b>
Gärrest - flächig ( <b>mit</b> Stab.)	203	93	145
S.Gülle - flächig (ohne Stab.)	237	102	156
S.Gülle - flächig (mit Stab.)	224	89	147
<b>Gärrest - Depot (ohne Stab.)</b>	<b>159</b>	<b>79</b>	<b>127</b>
Gärrest - Depot ( <b>mit</b> Stab.)	182	80	147
Gärrest - Depot (ohne Stab.) + ASL	200	79	135
Gärrest - Depot (ohne Stab.) + <b>Alzon 46</b>	197	83	136



**ca. 20 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha Positivsaldo  
(b. 100 % GR-Varianten!)**



# Ertrag und N-Effizienz von Körnermais - 2010/Ettlingen

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
<b>Gärrest - flächig (ohne Stab.)</b>	<b>10,9</b>	<b>98</b>	<b>104</b>	
Gärrest - flächig (mit Stab.)	10,6	96	98	
S.Gülle - flächig (ohne Stab.)	10,8	97	108	
S.Gülle - flächig (mit Stab.)	11,0	99	110	
<b>Gärrest - Depot (ohne Stab.)</b>	<b>9,8</b>	<b>96</b>	<b>84</b>	<b>3</b>
Gärrest - Depot (mit Stab.)	9,5	93	81	3
Gärrest - Depot (ohne Stab.) + ASL	9,3	91	90	3
Gärrest - Depot (ohne Stab.) + <b>Alzon 46</b>	9,1	89	82	3
<b>Versuchsmittel</b>	<b>10,0</b>			

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



# Nährstoffentzüge von Körnermais - 2010/Ettlingen

Versuchsglieder	N-Entzug	P-Entzug	K-Entzug
	[kg/ha]		
ohne N	119	66	34
KAS	163	68	35
Alzon 46	130	63	33
<b>Gärrest - flächig (ohne Stab.)</b>	<b>166</b>	<b>81</b>	<b>40</b>
Gärrest - flächig (mit Stab.)	156	74	38
S.Gülle - flächig (ohne Stab.)	173	71	37
S.Gülle - flächig (mit Stab.)	176	72	37
<b>Gärrest - Depot (ohne Stab.)</b>	<b>139</b>	<b>69</b>	<b>38</b>
Gärrest - Depot (mit Stab.)	134	69	38
Gärrest - Depot (ohne Stab.) + ASL	140	64	35
Gärrest - Depot (ohne Stab.) + <b>Alzon 46</b>	133	60	34



**ca. 30 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha Positivsaldo  
(b. 100 % GR-Varianten!)**



# Zusammenfassung

Eine umweltgerechte/nachhaltige Düngung von Mais ausschließlich mit organisch-mineralischen Düngern (fl. WD) ist **ohne** Ertrags- und Qualitätseinbußen möglich.

In den Feldversuchen waren pflanzenbauliche Kenngrößen wie Feldaufgang, Pflanzenlängen und Erntetermine, aber auch typische Krankheiten bzw. tierische Schädlinge wie Maisbeulenbrand bzw. Maiszünsler vom Düngungsverfahren unbeeinflusst.

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

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

Ein N- und P-Saldoausgleich ist nur über die Fruchtfolge möglich!



*Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit*

