Welche Chancen und Risiken bietet eine (UF-)Depotdüngung mit Mineraldünger bzw. fl. WD im Maisanbau?

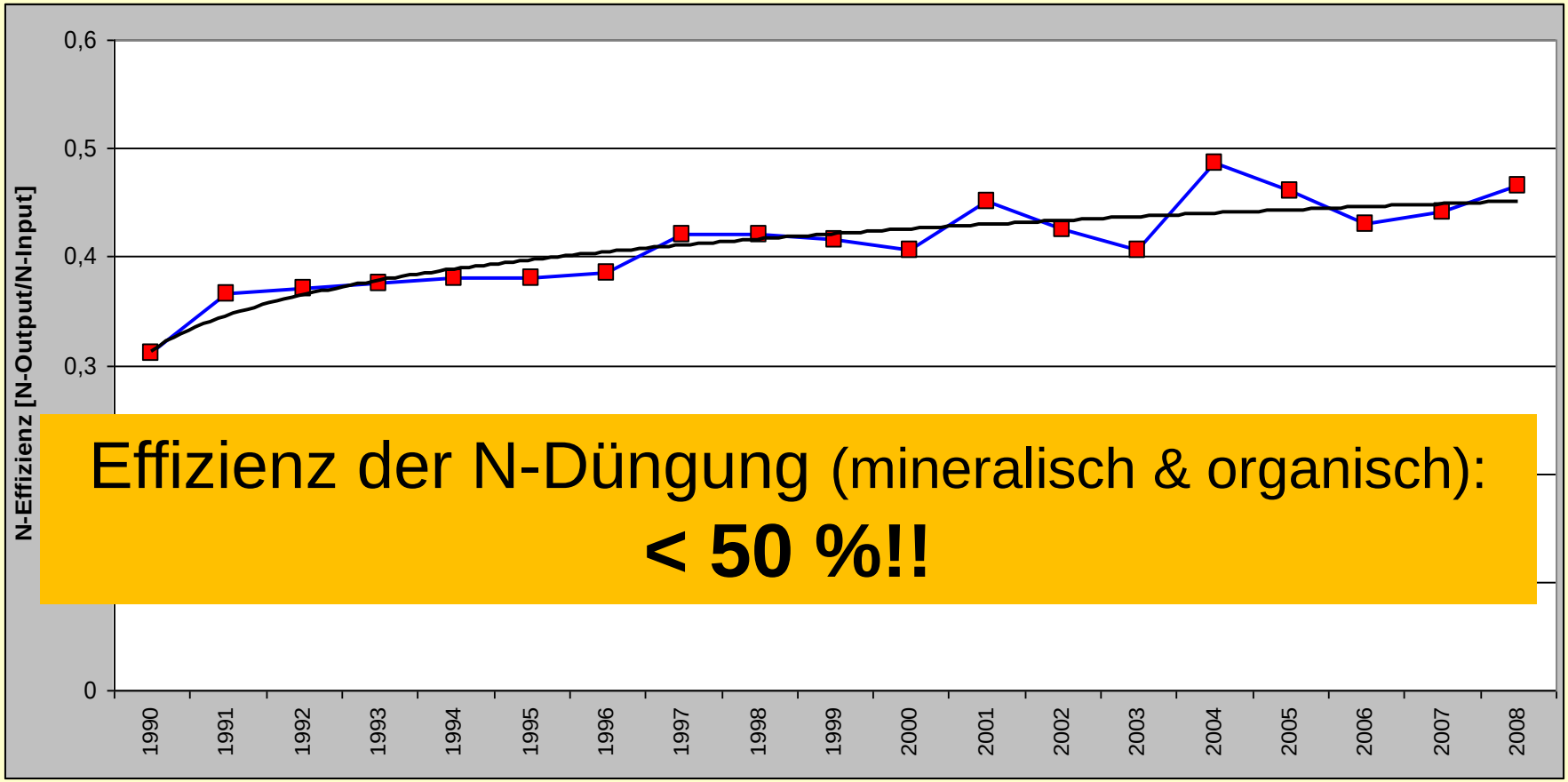
LAD-Düngefachtagung

Ulm-Wiblingen, 29.10. 2015

Dr. M. Mokry, LTZ Augustenberg

Weimar, 2013

Entwicklung der N-Effizienz in Deutschland



Frede & Bach, 2011 (veränd.)

Effizienz der N-Düngung (mineralisch & organisch):
< 50 %!!

N-Überschüsse (mineralisch & organisch):
ca. **80 kg je ha** und **Jahr!!**

wichtigste N-Verbindungen und Emittenten
Gesamtemissionen in der BRD [Gg N a^{-1}]

7 kg/ha

43 kg/ha

35 kg/ha

ca. 80 kg/ha

Sektor		Luft		Wasser	Summe [kt]	Anteil [%]	Autor (Zeitraum)
	NO_x	NH_3	N_2O	NO_3^-/NH_4^+			
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

Ruser, 2010

Ziele einer Depotdüngung

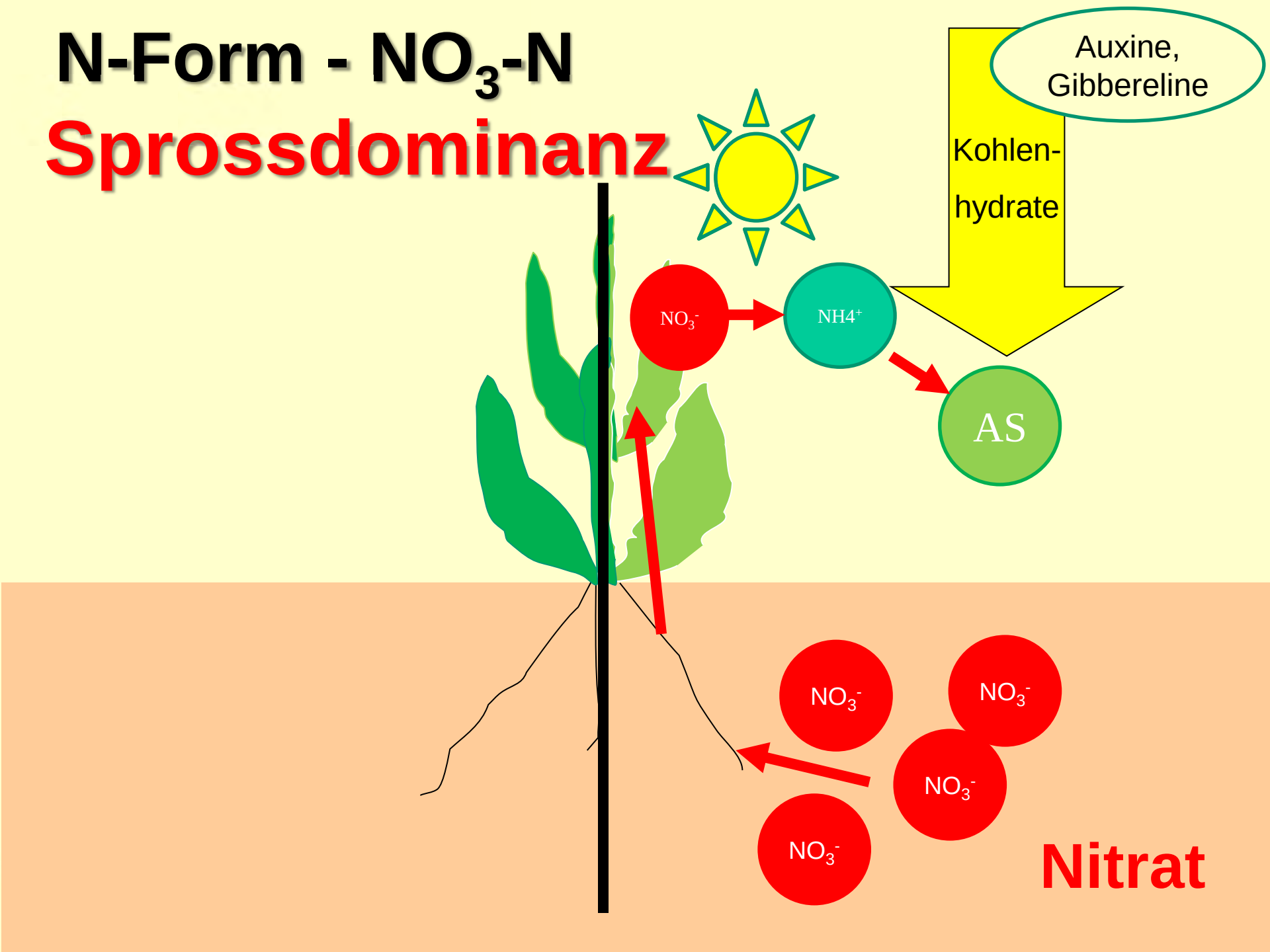
- physiologische Leistungen einer ammonium-betonten Pflanzenernährung nutzen (Nährstoffsynergismen, Energiehaushalt der Pflanzen..)
- Wirksamkeit einer Düngungsmaßnahme verbessern (N, P…)
- Umweltverträglichkeit einer N-Düngungsmaßnahme verbessern:
  - Schutz vor Abschwemmung von Dünger (Hangneigung; Nähe zu Oberflächengewässern)
  - Schutz von Grund- und Oberflächenwasser (Nitrat, Phosphat)
  - Schutz der Atmosphäre (Ammoniak, Lachgas)
  - Schutz von Biotopen, Wäldern... (N-Einträge)
  - Schutz der Biodiversität (...Überdüngung)
  - Bodenschutz (Struktur, Erosion)
  -

Einflussfaktoren auf den Erfolg einer Depotdüngung

- **Dünger- (N-) Form (Vor-/Nachteile)**
- **Terminierung der Düngung**
- **Technik der Düngerplatzierung**
- **Dünger- (N-) Menge**

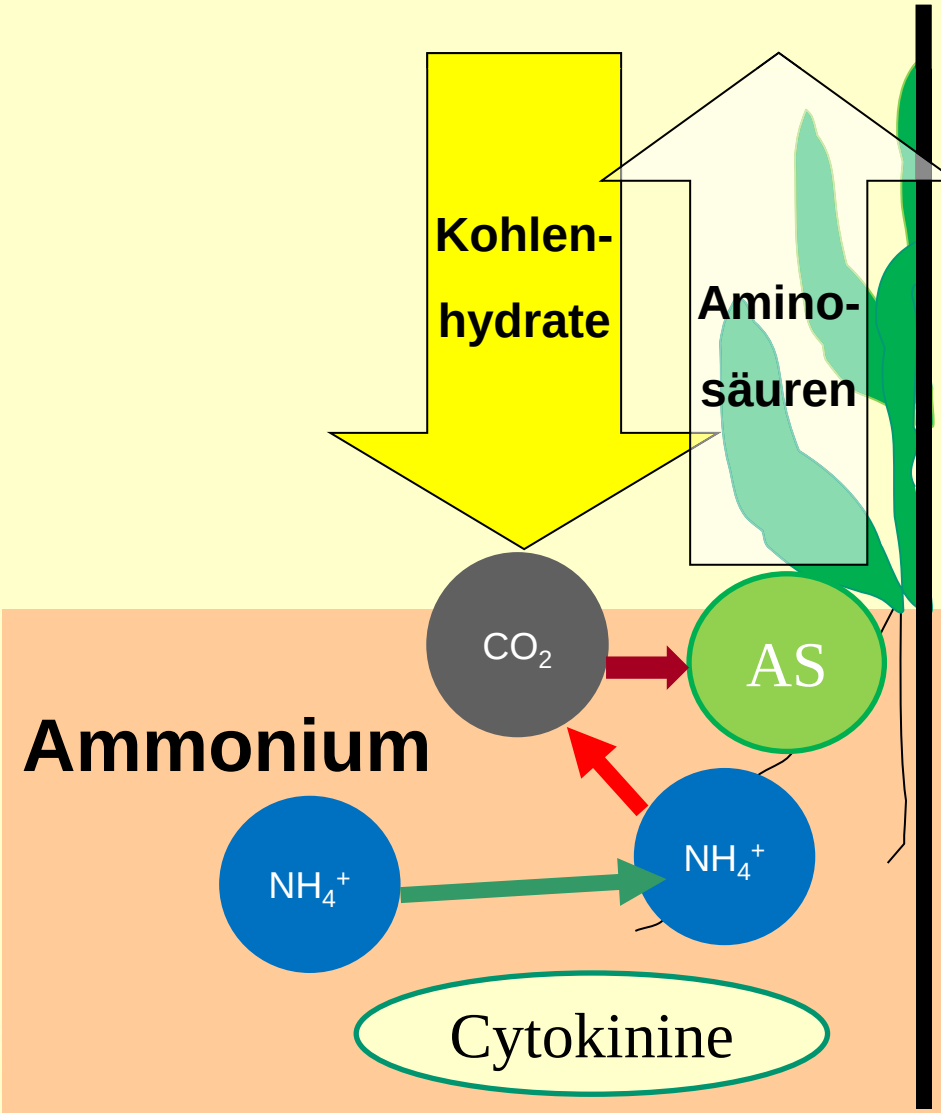
N-Form - NO_3-N

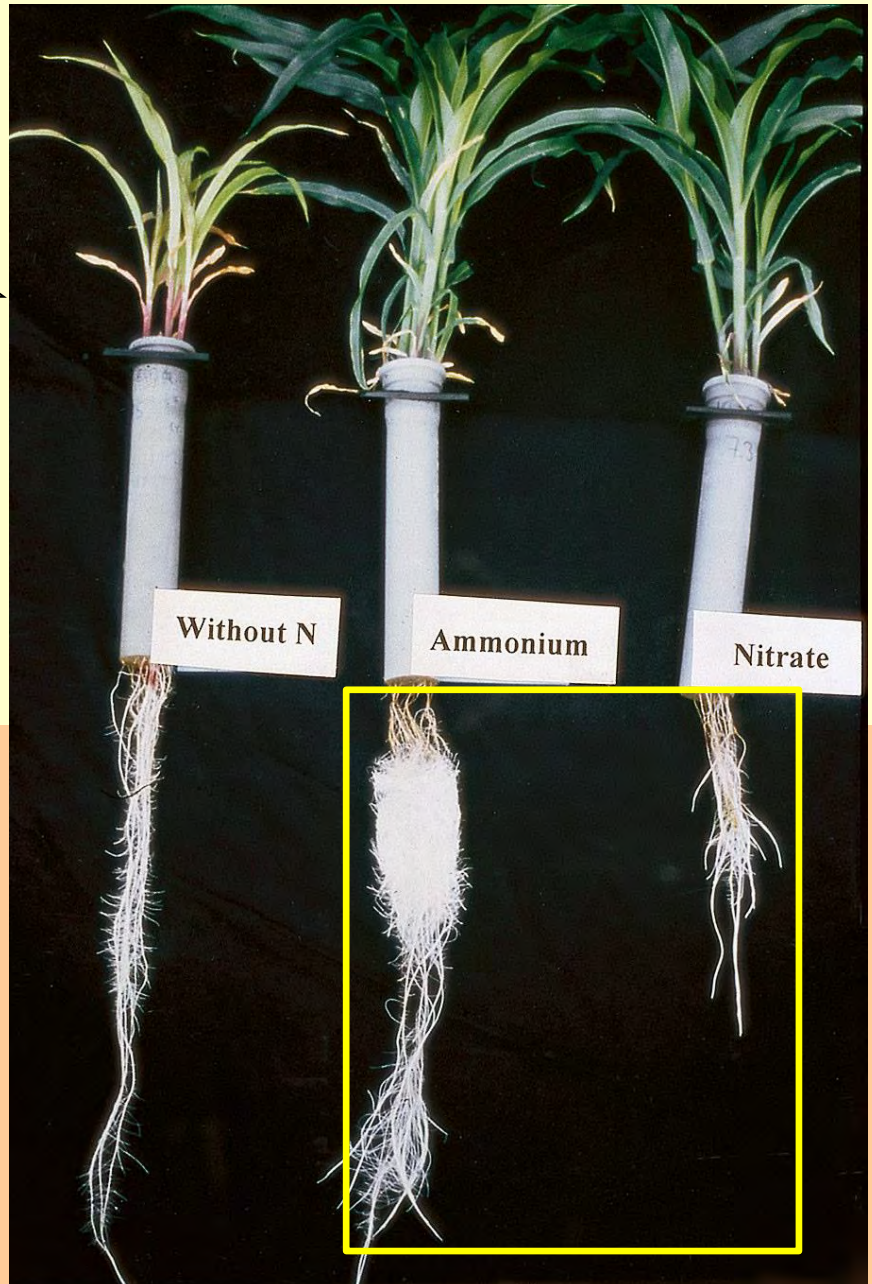
Sprossdominanz



N-Form - NH_4-N

Wurzeldominanz

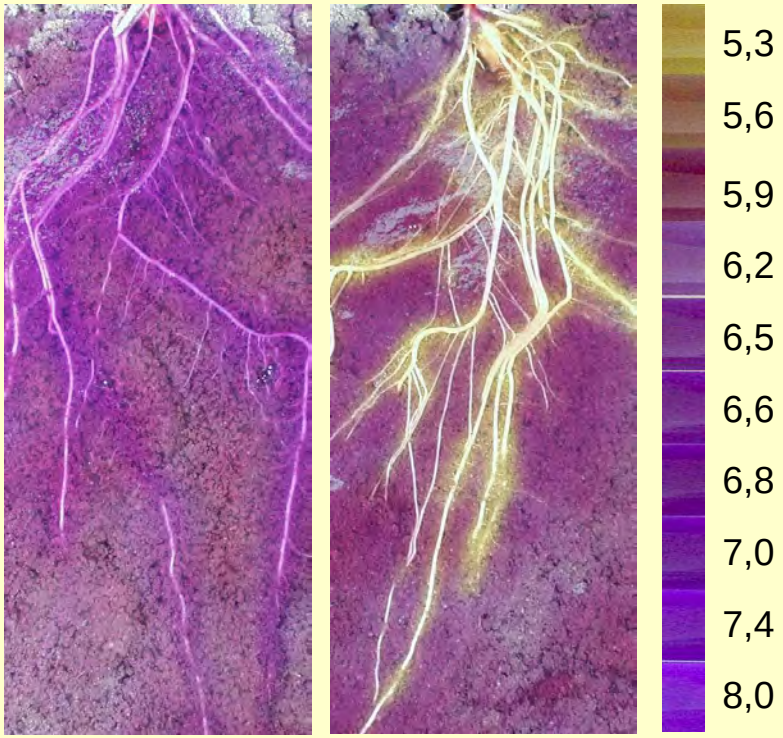




Physiologische Versauerung verbessert die Wurzelleistung

- In Abhängigkeit von der N-Form entwickelt sich in der sog. Rhizosphäre der pH-Wert unterschiedlich:
- Nitrat: Erhöhung pH-Wert
  Ammonium: Senkung pH-Wert.
- Nebenwurzeln bei Ammonium stärker entwickelt als bei Nitrat.
- Größeres Bodenvolumen erschließbar.

Quelle: Römheld, Inst. f. Pflanzenernährung Hohenheim



pH-Wert Senkung: verbesserter Aufschluss von Phosphat und Spurennährstoffen

Vorteile einer Ammoniumernährung

- **Energiegewinn**
- **Selbststeuerung der N-Aufnahme**
  - Risiko eines Luxuskonsums geringer
- **wurzeldominante Ernährung**
  - bessere Wurzelausbildung, Standfestigkeit....
  - bessere Nutzung des Nährstoff- und Wasservorrates (?)
- **pH – Absenkung im Bereich der Rhizosphäre**
  - verbesserte Phosphat- und Spurennährstoff-Verfügbarkeit

Mineraldünger

(ausgewählte) technische Verfahren

flüssige mineralische N-Dünger

linienförmige Depots (evtl. mit Stabilisierung) an der Bodenoberfläche

flüssige mineralische N-Dünger

linienförmige Depots (evtl. mit Stabilisierung) – in den oberflächennahen Boden „eingeschlitzt“ (- 5 cm)

flüssige mineralische N-Dünger

Punkt-Depots (evtl. mit Stabilisierung) – Injektion in den oberflächennahen Boden: 5 bis 10 cm

LTZ, 2014

1. N-Gabe zu Winterweizen nach Körnermais

LTZ, 2014

flüssige mineralische N-Dünger

linienförmige UF-Depots (evtl. mit Stabilisierung) im Wurzelraum (> 10 cm) der Pflanzen

feste mineralische N-Dünger

Prototyp - 2014 (INDEE, 2014)

Exakt-Feldversuche

UF-Depot- und Flächendüngung mit festen mineralischen N-Düngern zu Mais

N-Verfügbarkeit im **UF-Depot** mit mineralischen N-Feststoff-Düngern

Versuchsanstellung

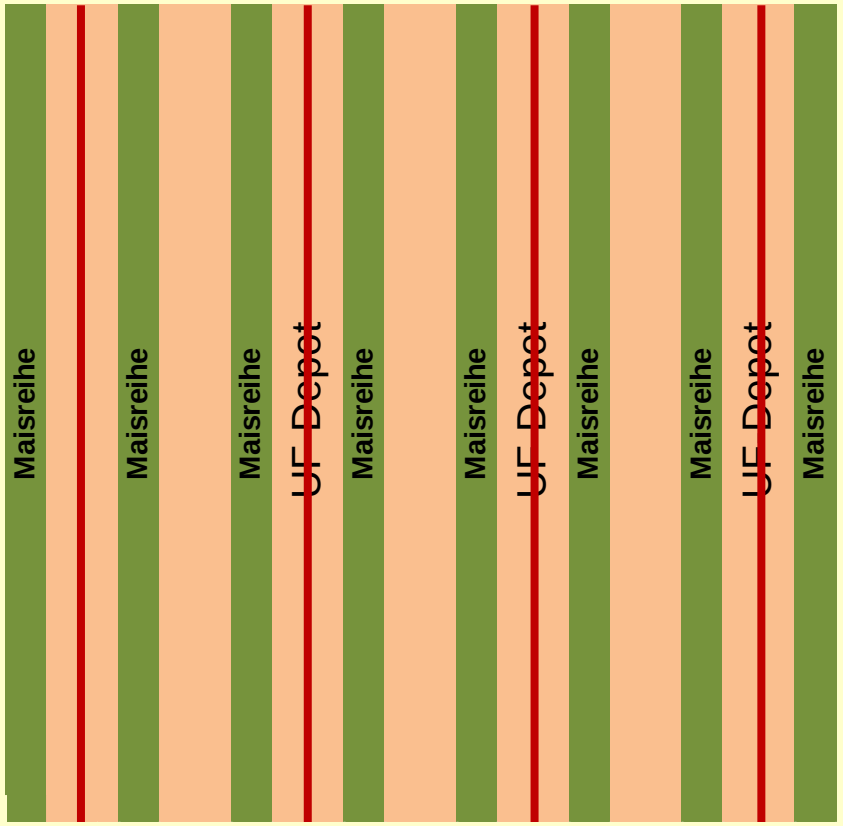
Geprüfte N-Dünger

Flächendüngung

- KAS
- Harnstoff (46 % (Amid-) N)

Depotdüngung

- Harnstoff mit NH_4-Stabilisierung
- ASS mit NH_4-Stabilisierung
- fl. Wirtschaftsdünger



Reihenabstand: 75 cm

Abstand „Maisreihe – Düngeband“: **halber Reihenabstand**

Versuchskenndaten 2011

* Körnermais
* N-Düngung: 156 kg/ha (Ertragserwartung: 12 t TM/ha)

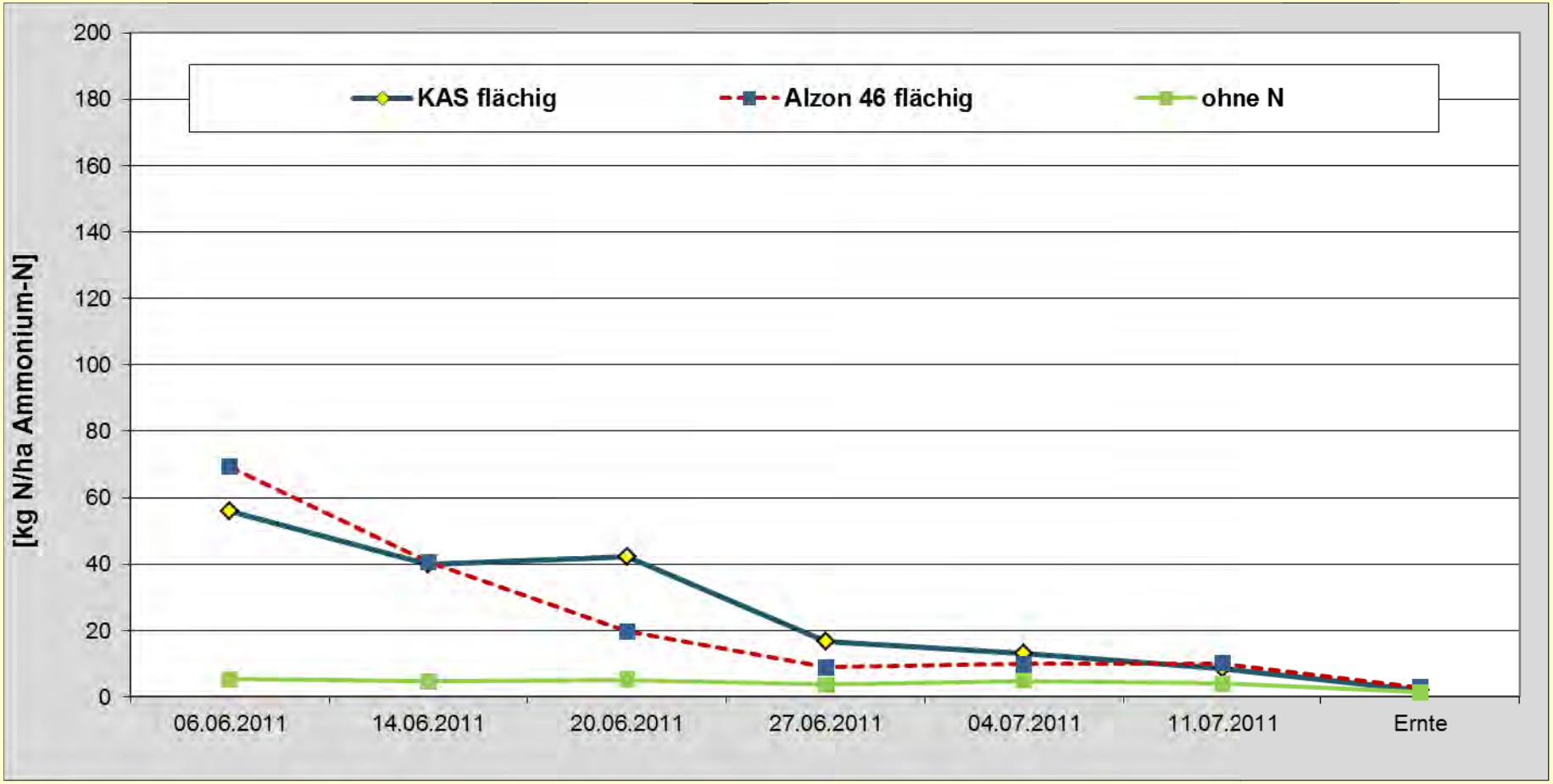
P_2O_5	80 kg/ha
K_2O	240 kg/ha

* N_{min}: 58 kg/ha (- 90 cm)

Bodenart		uL
pH		6,7
Humus	[% TM]	2,3
Ges.-N		0,18
P_2O_5	[mg/100 g B.]	9
K_2O		10
Mg		10

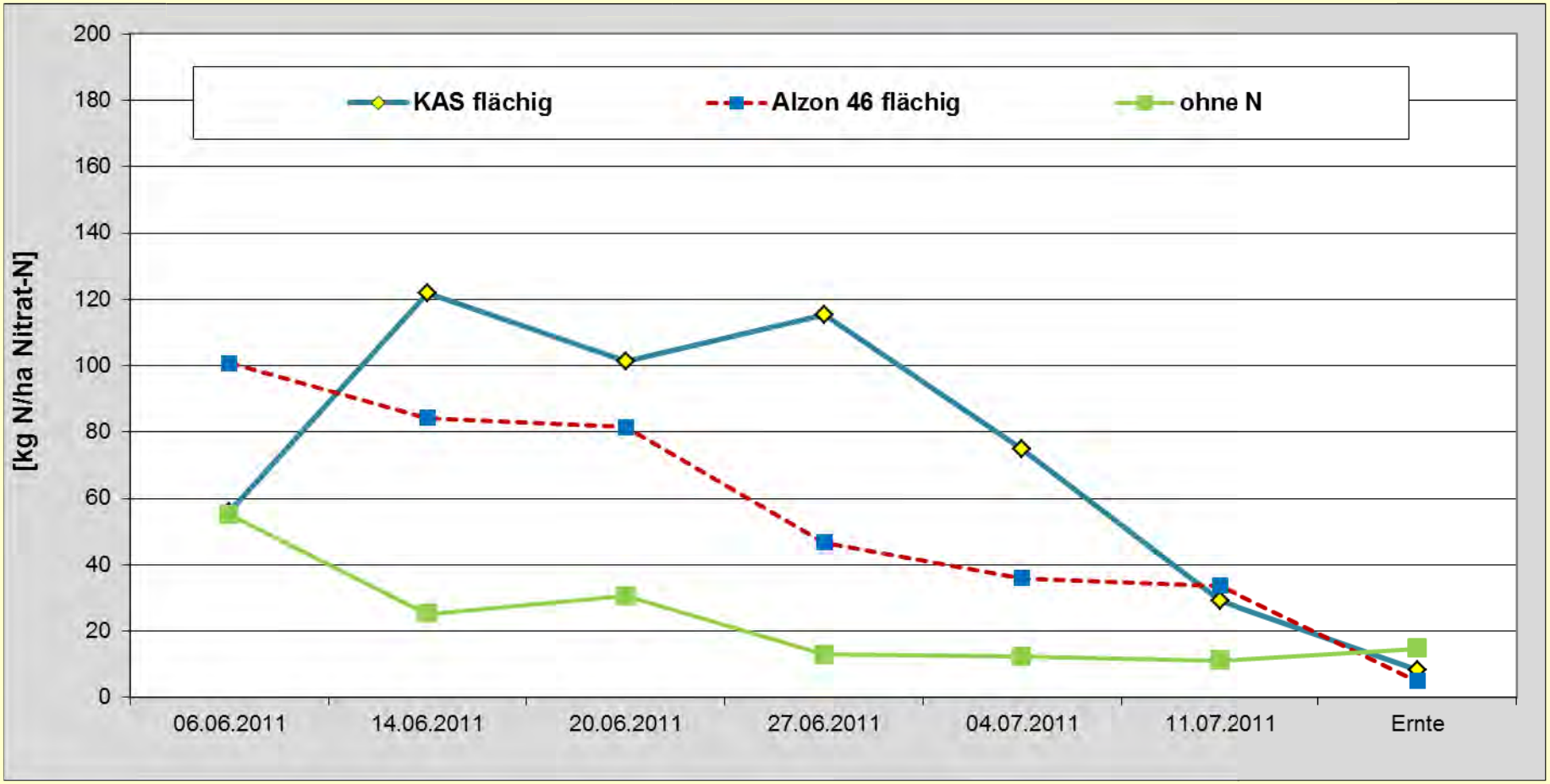
Ammonium-N im Boden (0 – 20 cm) - 2011

KAS bzw. Alzon 46 flächig gedüngt



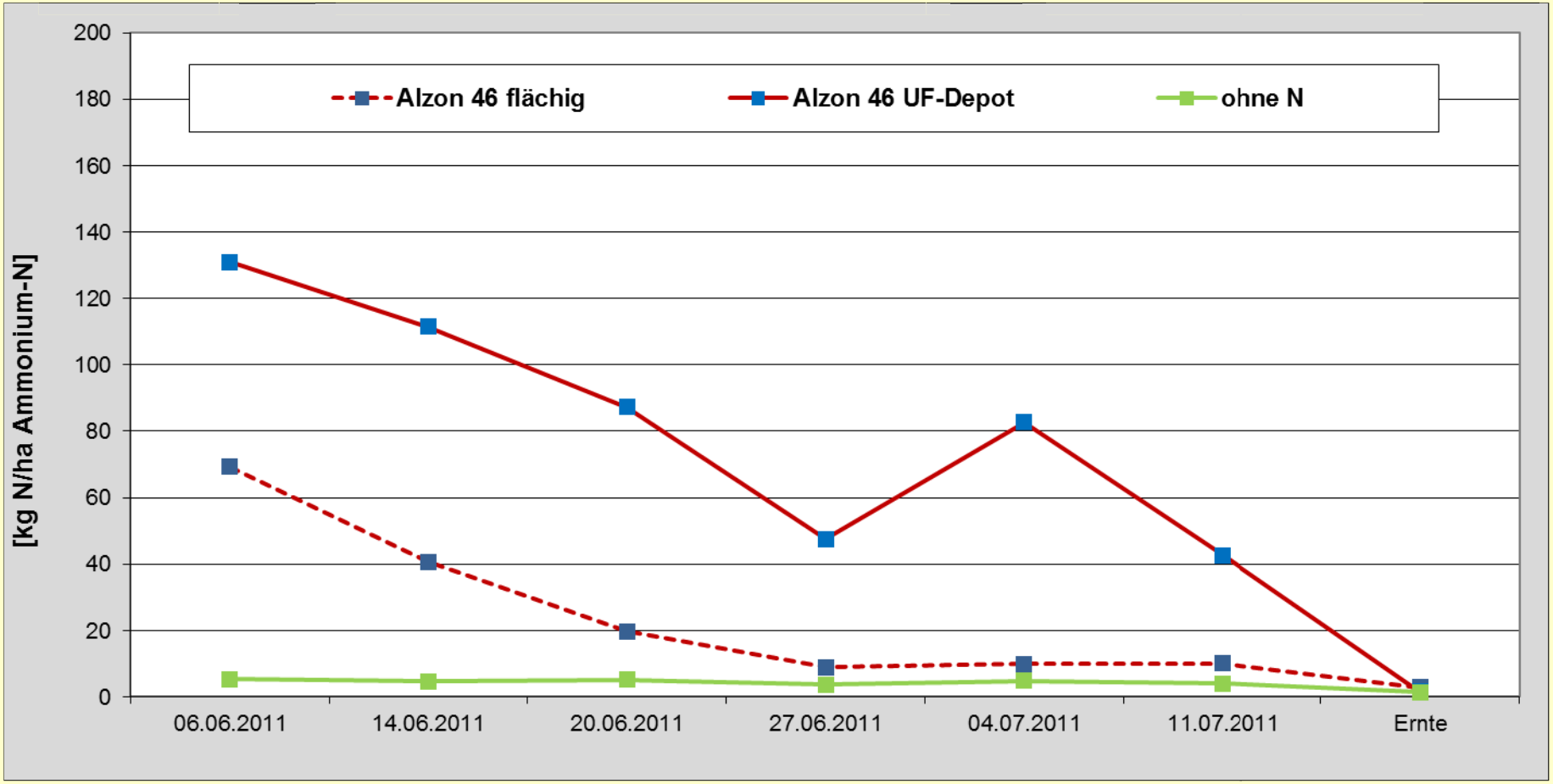
Nitrat-N im Boden (0 – 20 cm) - 2011

KAS bzw. Alzon 46 flächig gedüngt



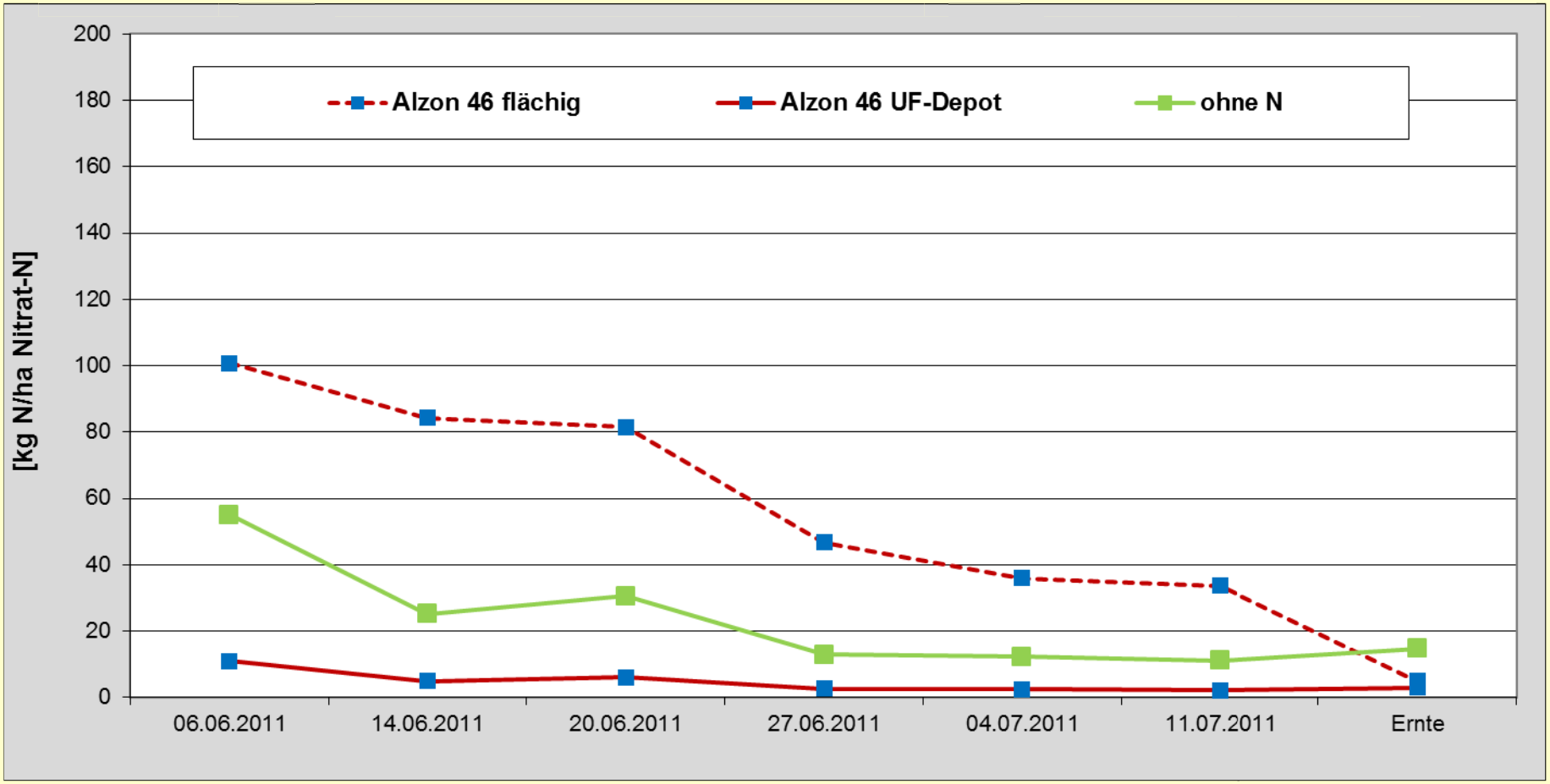
Ammonium-N im Boden (0 – 20 cm) - 2011

Alzon 46 flächig bzw. im UF-Depot gedüngt



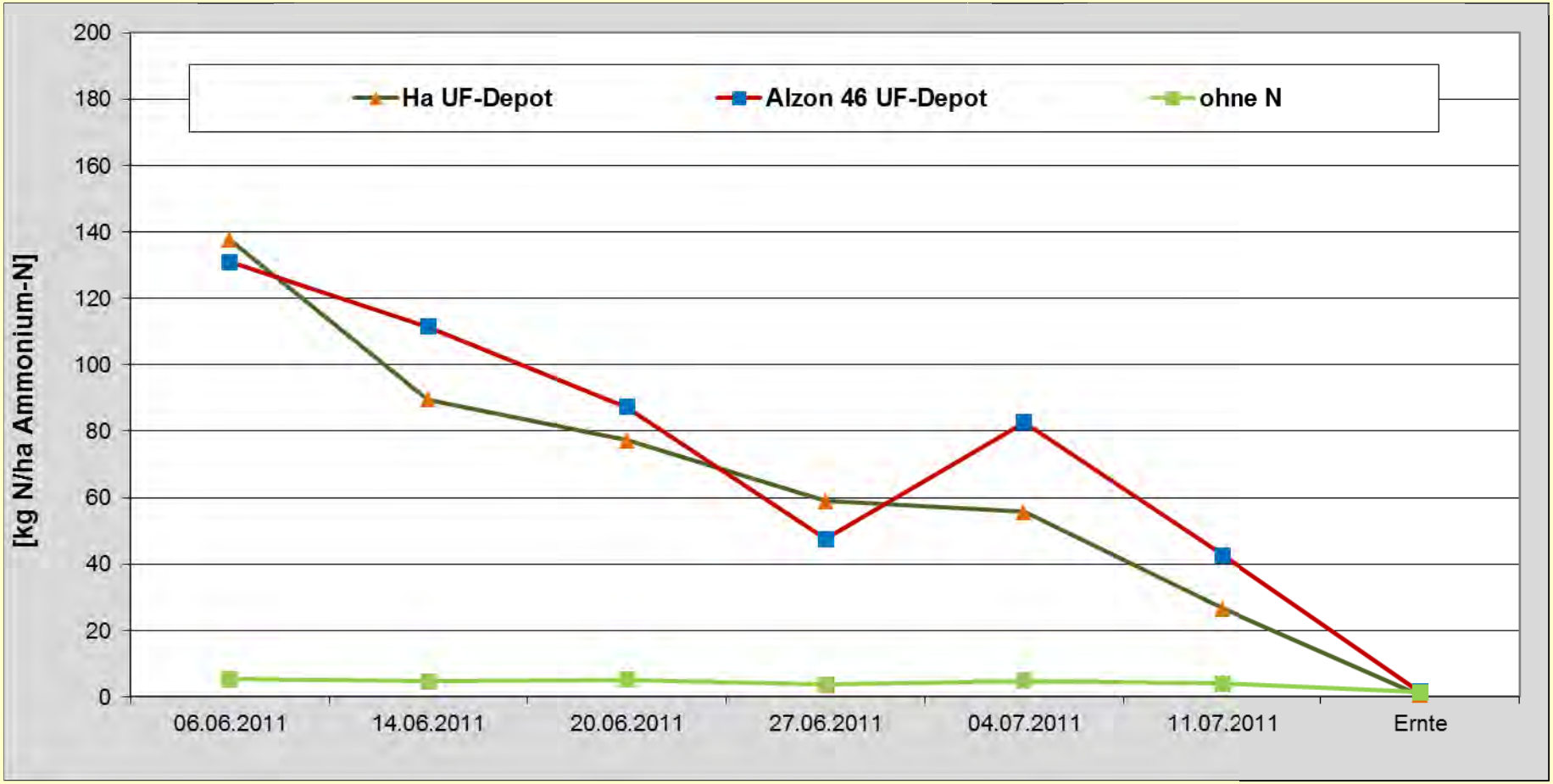
Nitrat-N im Boden (0 – 20 cm) - 2011

Alzon 46 flächig bzw. im UF-Depot gedüngt



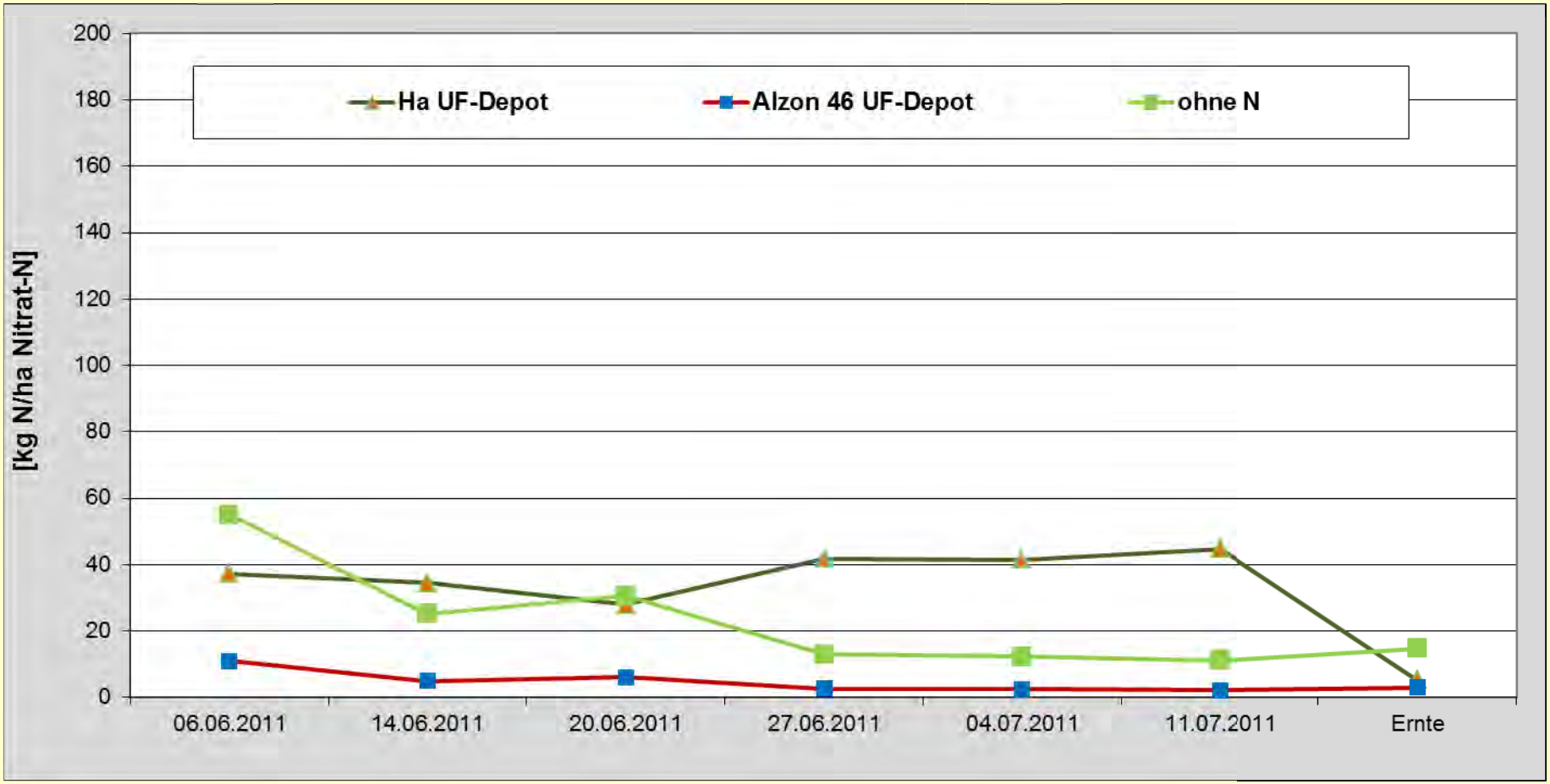
Ammonium-N im Boden (0 – 20 cm) - 2011

Alzon 46 bzw. Harnstoff im UF-Depot gedüngt



Nitrat-N im Boden (0 – 20 cm) - 2011

Alzon 46 bzw. Harnstoff im UF-Depot gedüngt



UF-Düngerdepot und Wurzelwachstum

Ertrag und Qualität – Körnermais (2011)

Düngung	Kornertrag [t TM/ha]	[rel. z V.Mittel]	Rohprotein [% TM]	TKM [g]
ohne N-Düngung	12,2	90	7,3	
breitflächige Ausbringung				
KAS	14,0	103	8,6	328
Alzon 46	**13,7**	**101**	**8,4**	**325**
Ausbringung im Depot				
Ha	13,4	98	8,3	310
Alzon 46	**14,4**	**106**	**8,8**	**325**
Versuchsmittel	**13,6**			

N-Dynamik – Körnermais (2011)

Düngung	N-Entzug [kg N/ha]	N-Saldo [kg N/ha]	N-Effizienz [%] netto
ohne N-Düngung	121	-121	
breitflächige Ausbringung			
KAS	167	-11	0,68
Alzon 46	**159**	**-3**	**0,63**
Ausbringung im Depot			
Ha	154	2	0,60
Alzon 46	**174**	**-18**	**0,73**

- N-Effizienz kann im UF-Depot verbessert werden.
- Im Versuch war sie um ca. 10 % höher als bei breitflächiger Ausbringung!

Nitrat-N – Herbst/Winter (2011/12)

Düngung	Nitrat-N [kg/ha] 0 - 90 cm			
	n. Ernte	SchalVo	1. KW 2012	3. KW 2012
ohne N	10	15	17	**25** (6/10/9)
breitflächige Ausbringung				
KAS	10	9	6	8
Alzon 46	11	8	19	9
Ausbringung im Depot				
Ha	6	2	7	5
Alzon 46	7	2	8	13

… keine Auffälligkeiten
Bedingung: standortbezogene Düngung!!

Versuchsjahr 2014 – Saatmais / Südbaden

Standort: Gündlingen

* Vergleich: Fläche//UF-Depot; N-Form; N-Menge
* Ertragserwartung: 35 dt/ha
* N-Düngung: 70 bzw. 90 kg N/ha

Varianten	Ertrag	N-Effizienz
ohne N		
Entec 26 br		5
Entec 26 D		3
Entec 26 br		3
Entec 26 D		7

Varianten

ohne N

Entec 26 breitflächig - 80 % N

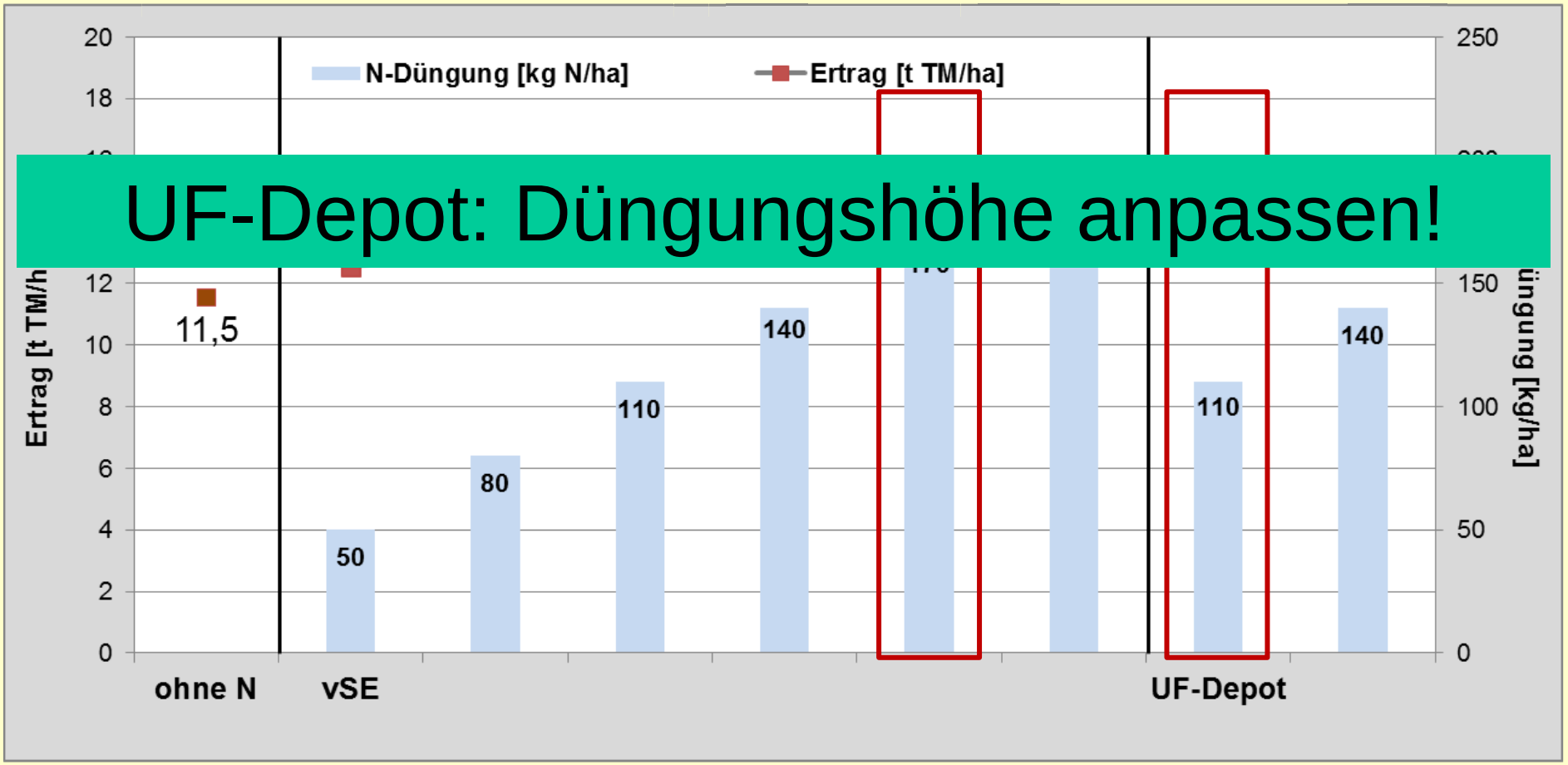
Entec 26 Depot - 80 % N

Entec 26 breitflächig - 100 % N

Entec 26 Depot - 100 % N

Varianten	a]	um-N
ohne N		
Entec 26 breitflächig - 80 % N		
Entec 26 Depot - 80 % N		
Entec 26 breitflächig - 100 % N	15	4
Entec 26 Depot - 100 % N	14	8

Versuchsjahr 2015 – Silomais / Rheinebene



UF-Depot: Düngungshöhe anpassen!

Ertragsoptimum:	breitflächig	170 kg N/ha
	UF-Depot	110 kg N/ha

Versuchsjahr 2015 – Silomais / Rheinebene

Nitrat-N „nach Ernte“

Variante	N-Düngung [kg/ha]	N_{min} [kg Nitrat-N/ha] 0 - 30 cm	30 - 60 cm
Kontrolle	**0**	**7**	**2**
	50	6	1
	80	14	1
	110	13	1
	140	25	2
	170	17	3
	200	72	5
UF-Depot	**110**	**24**	**2**
	140	**21**	**2**

N-Verluste?

fl. Wirtschaftsdünger

(ausgewählte) technische Verfahren

flüssige organische (N-) Dünger

flüssige organische (N-) Dünger

Injektionsverfahren (Schleppschuhtechnik) in wachsende Pflanzenbestände

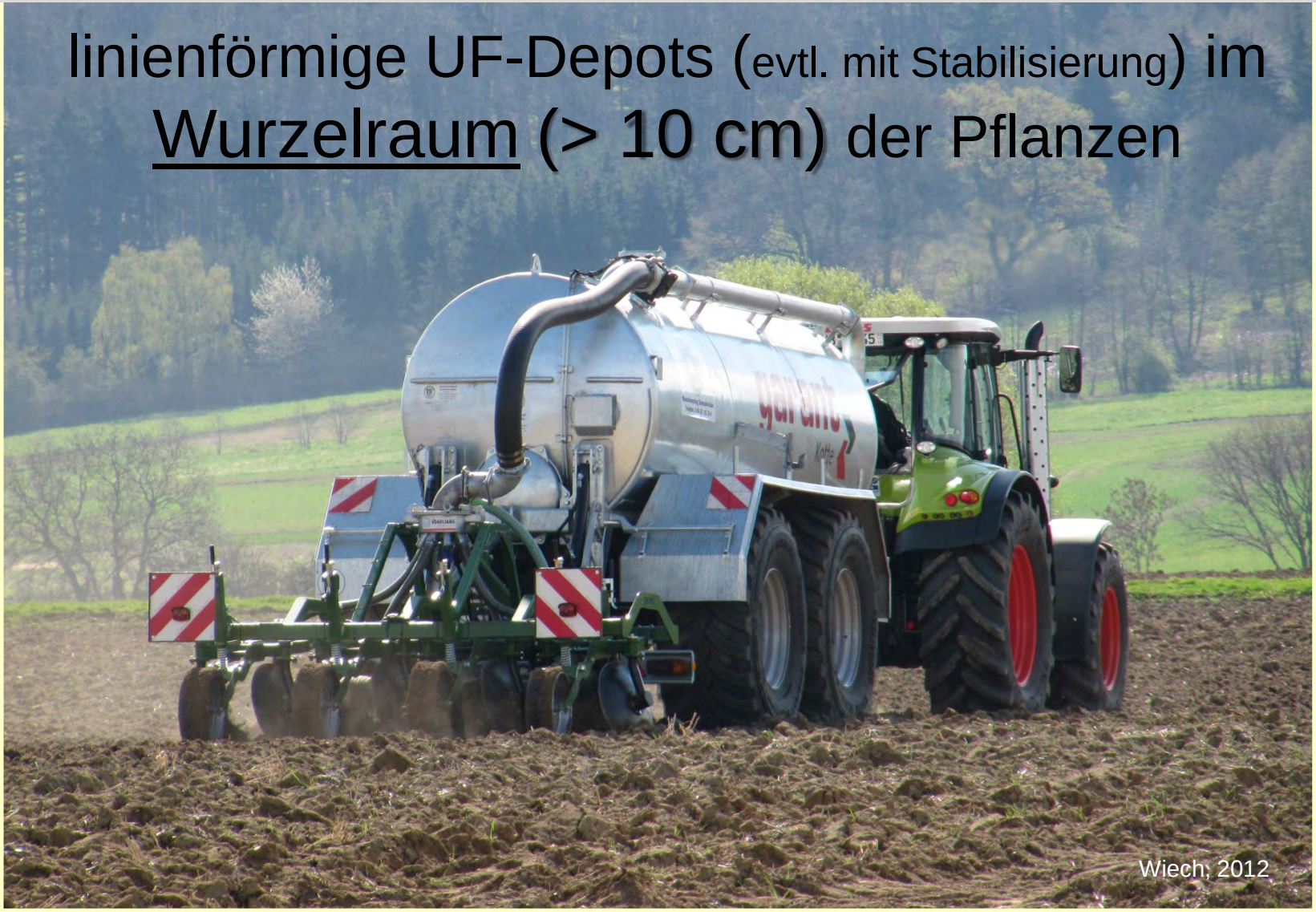
Ausbringung von 15 m³/ha S. Gülle zu W. Gerste mit „flacher“ Injektionstechnik (Schuler, 2011)

flüssige organische (N-) Dünger

Güllegrubber auf unbewachsenem Boden

flüssige organische (N-) Dünger

linienförmige UF-Depots (evtl. mit Stabilisierung) im Wurzelraum (> 10 cm) der Pflanzen

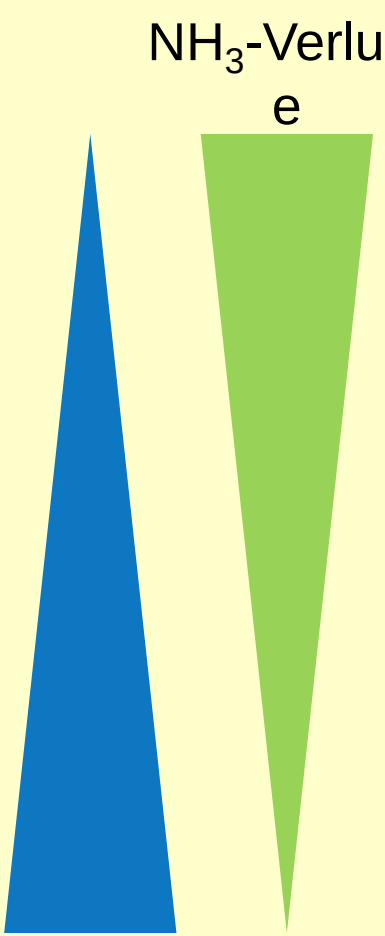


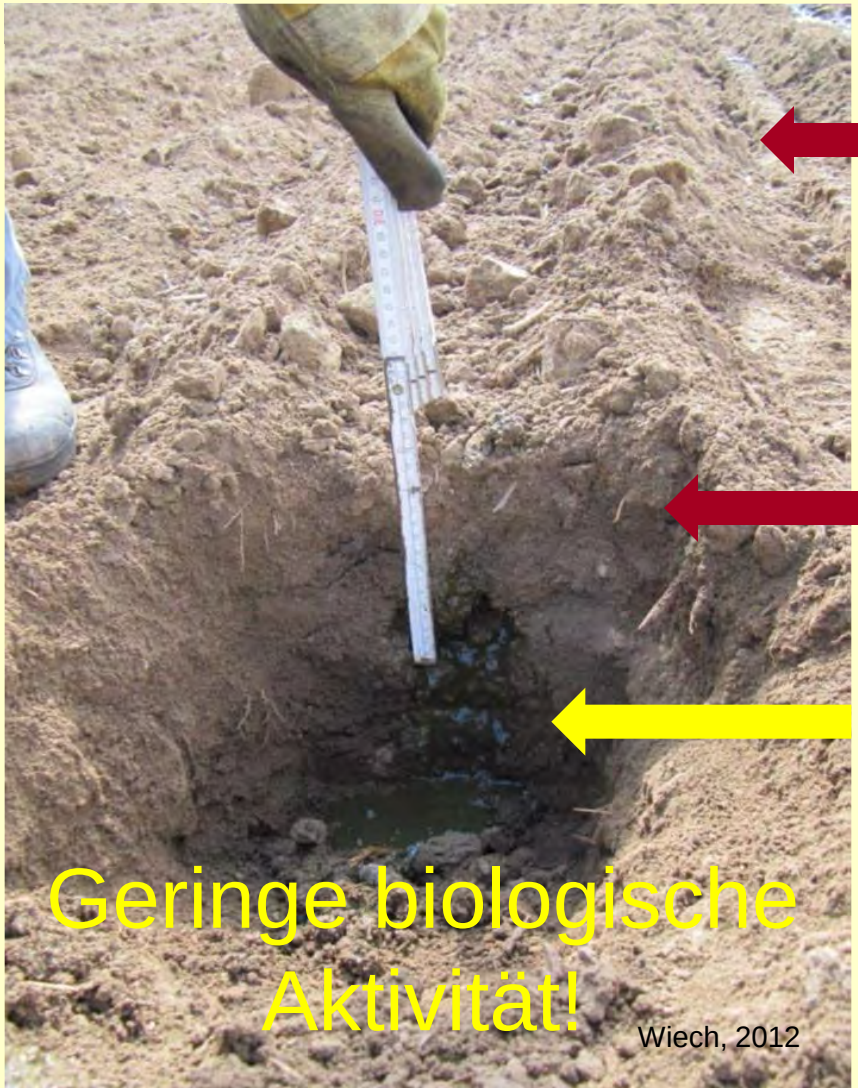
Wiech, 2012

…Technik zur Ablage eines Linien-Depots mit fl. WD in > 10 cm Tiefe…

Wiech, 2012

U-Flur-Depot m. fl. Gärresten in der Praxis





Schleppschlauch

UFD/strip-till (< 15 cm)

U.-Flur (> 15 cm)

Anlage eines „UF-Depots“ (15 – 20 cm) vor oder nach der Maissaat

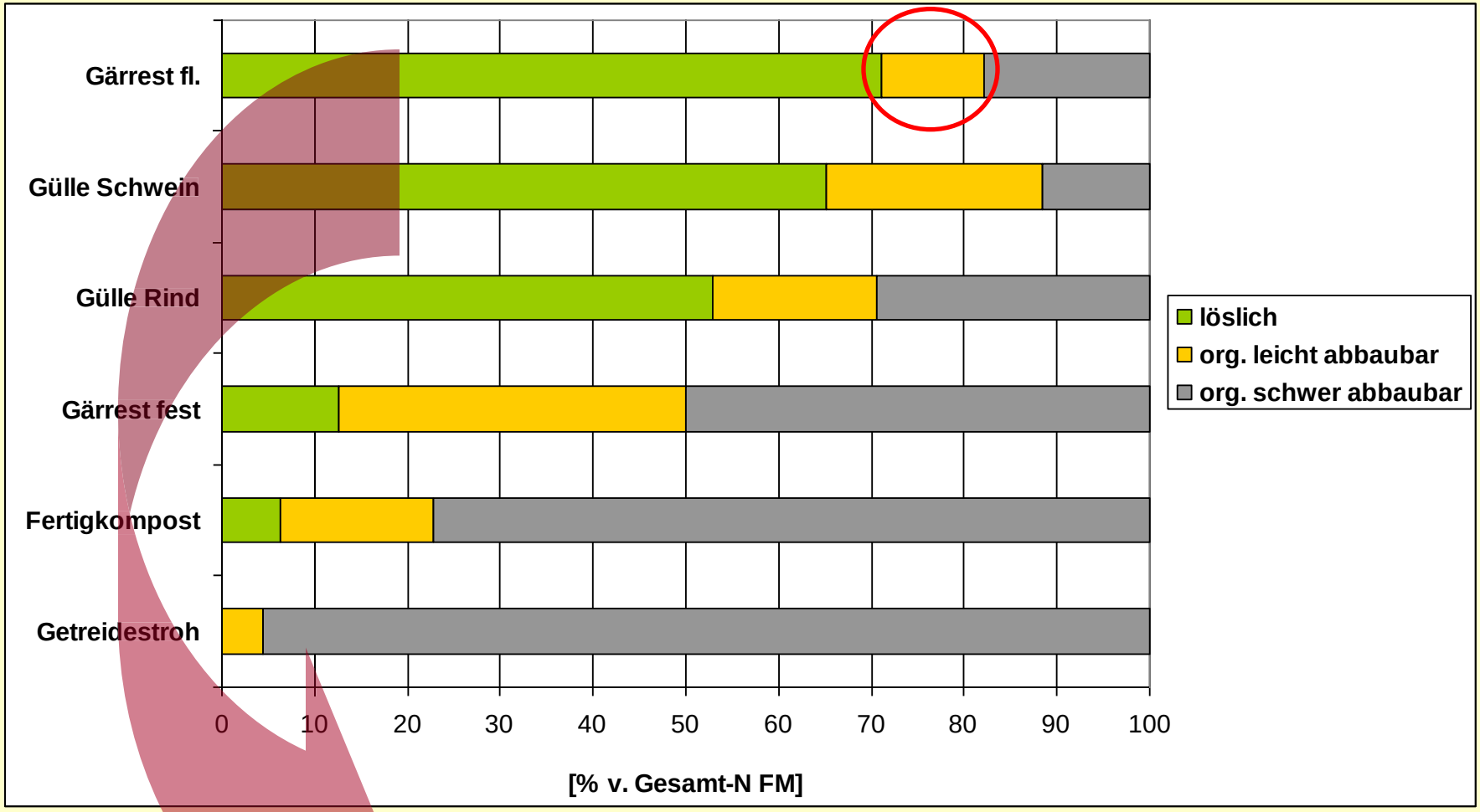
Exakt-Feldversuche

Depot- und Flächendüngung mit fl. Wirtschaftsdüngern zu Mais

Wiech, 2012

N-Verfügbarkeit im **UF-Depot** mit fl. Wirtschaftsdüngern

Bewertung - N-Fraktionen



Reinhold, 2005 - geändert

= entscheidende Kenngrößen ...

Übersicht „fl. Wirtschaftsdünger“

N-Angebot

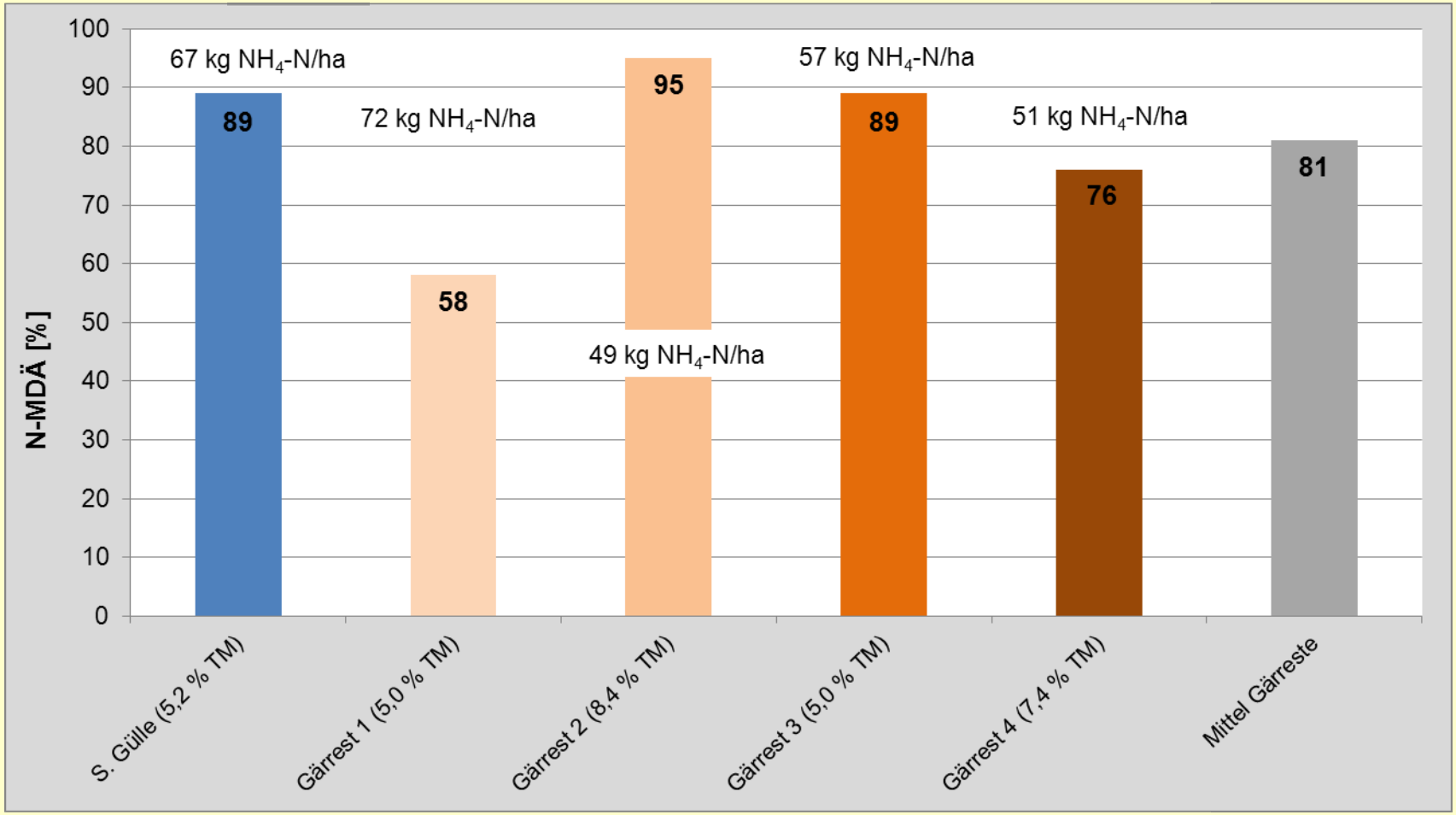
Parameter		**R. Gülle** (n = 920)	**S.Gülle** (n = 775)	**GR $_{fl.}$** (n = 225)	**GR $_{fest}$** (n = 28)
Gesamt-N	[kg/t FM]	3,2	4,4	4,6	6,4
NH_4-N		**1,6**	**3,1**	**2,7**	**3,1**
NH_4-N-Anteil	[%]	50	70	59	48

NH_3-Verluste auch bei den GR-Feststoffen (pH > 8!!) problematisch!

MDÄ-N organisch-mineralischer Dünger bei **Silomais**

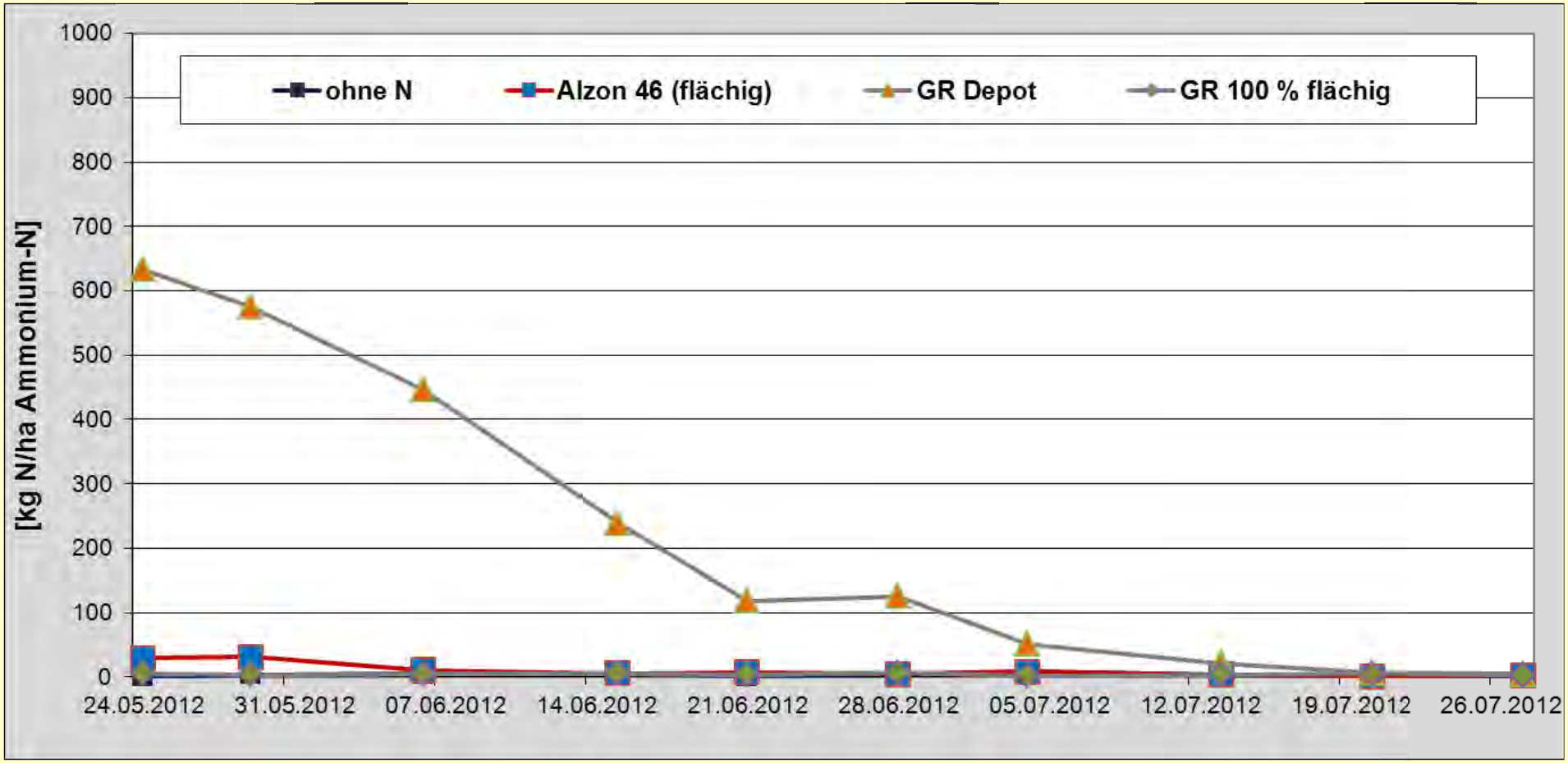
(LWK Niedersachsen)

Standorte **mit** regelmäßiger, langjähriger organischer Düngung



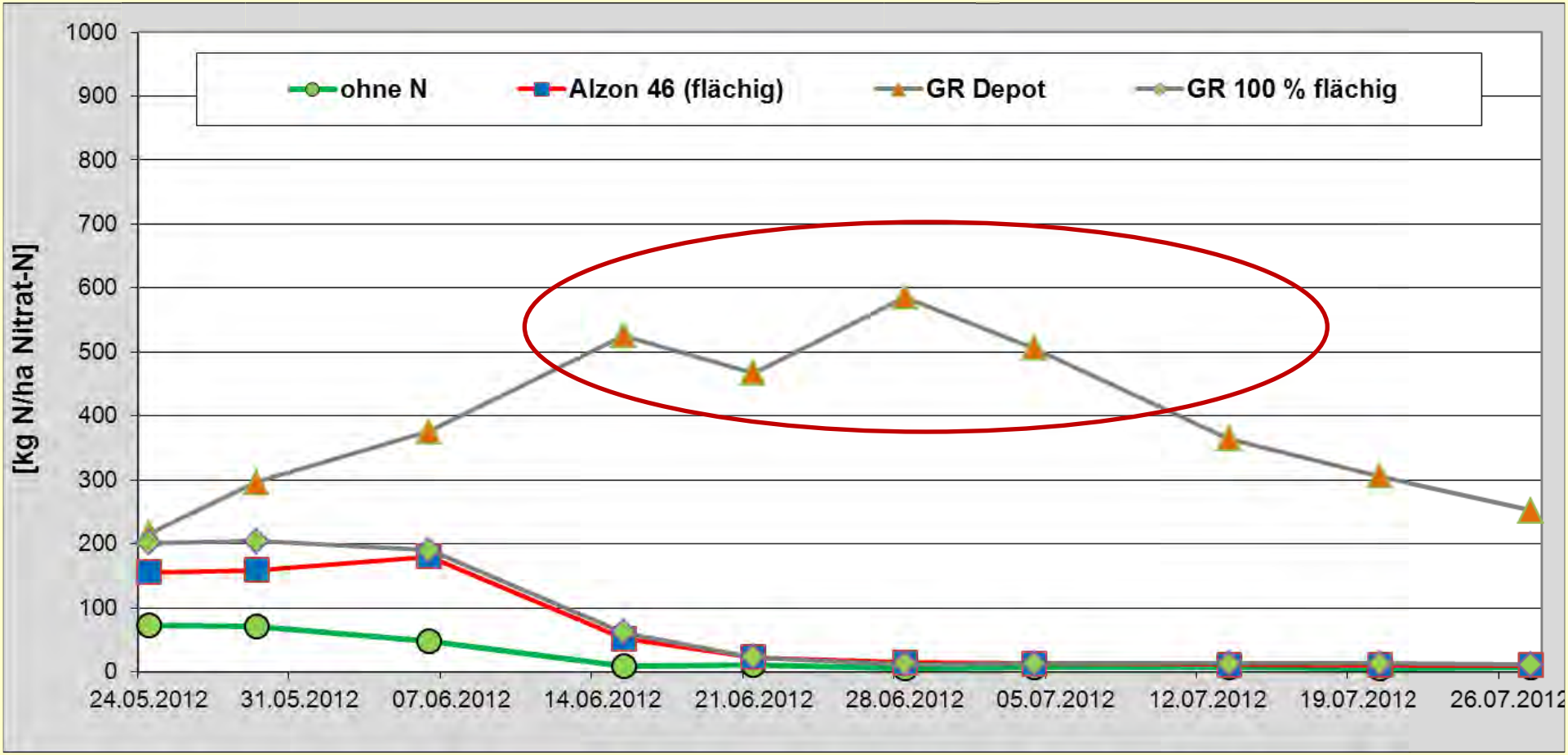
Ammonium-N im Boden (0 – 20 cm) - 2012

GR fl. flächig bzw. im UF-Depot gedüngt



Nitrat-N im Boden (0 – 20 cm) - 2012

GR fl. flächig bzw. im UF-Depot gedüngt



N-Düngungshöhe

UF-Depot = breitfl. Ausbringung

Versuchsglied	Ertrag-Ganzpflanze [t TM/ha]	rel. zu V. Mittel
ohne N-Düngung	11,6	78
Alzon 46	14,9	101
Gärrest - flächig/o. NiHe	15,3	103
Gärrest - flächig/m. NiHe	15,3	103
Gärrest - im Depot/o. NiHe	**16,6**	**112**
Versuchsmittel	14,8	

Silomaisertrag

mit **UF-Depotdüngung** ca. 10 % höher

N-Düngungshöhe

UF-Depot = breitfl. Ausbringung

Versuchsglied	N-Abfuhr [kg/ha]	N-Effizienz [%] [netto-anr. N]
ohne N-Düngung	90	
Alzon 46	186	0,53
Gärrest - flächig/o. NiHe	186	0,64
Gärrest - flächig/m. NiHe	185	0,63
Gärrest - im Depot/o. NiHe	**202**	**0,68**

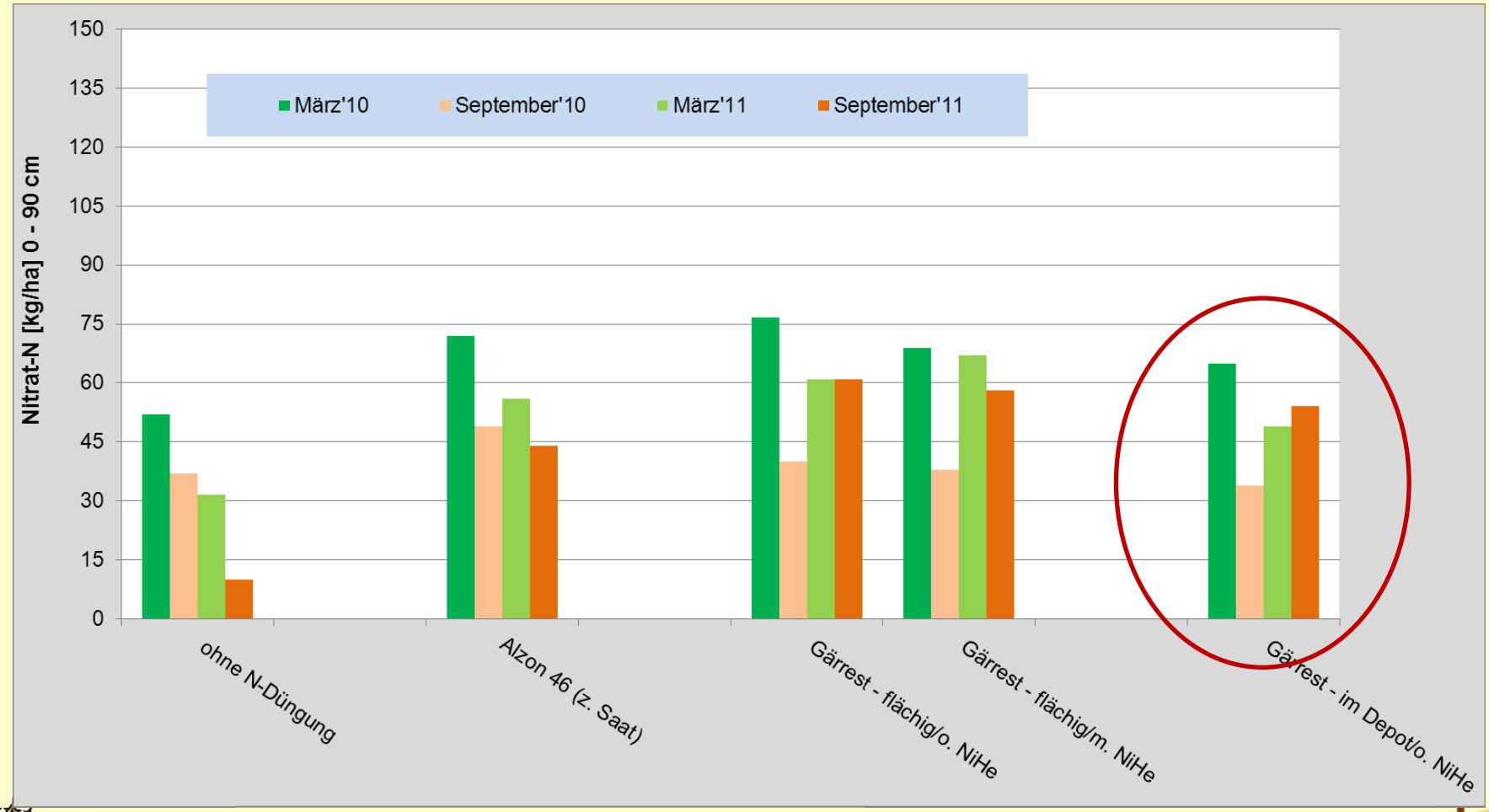
N-Effizienz

mit **UF-Depotdüngung** ca. 5 % höher

N-Düngungshöhe

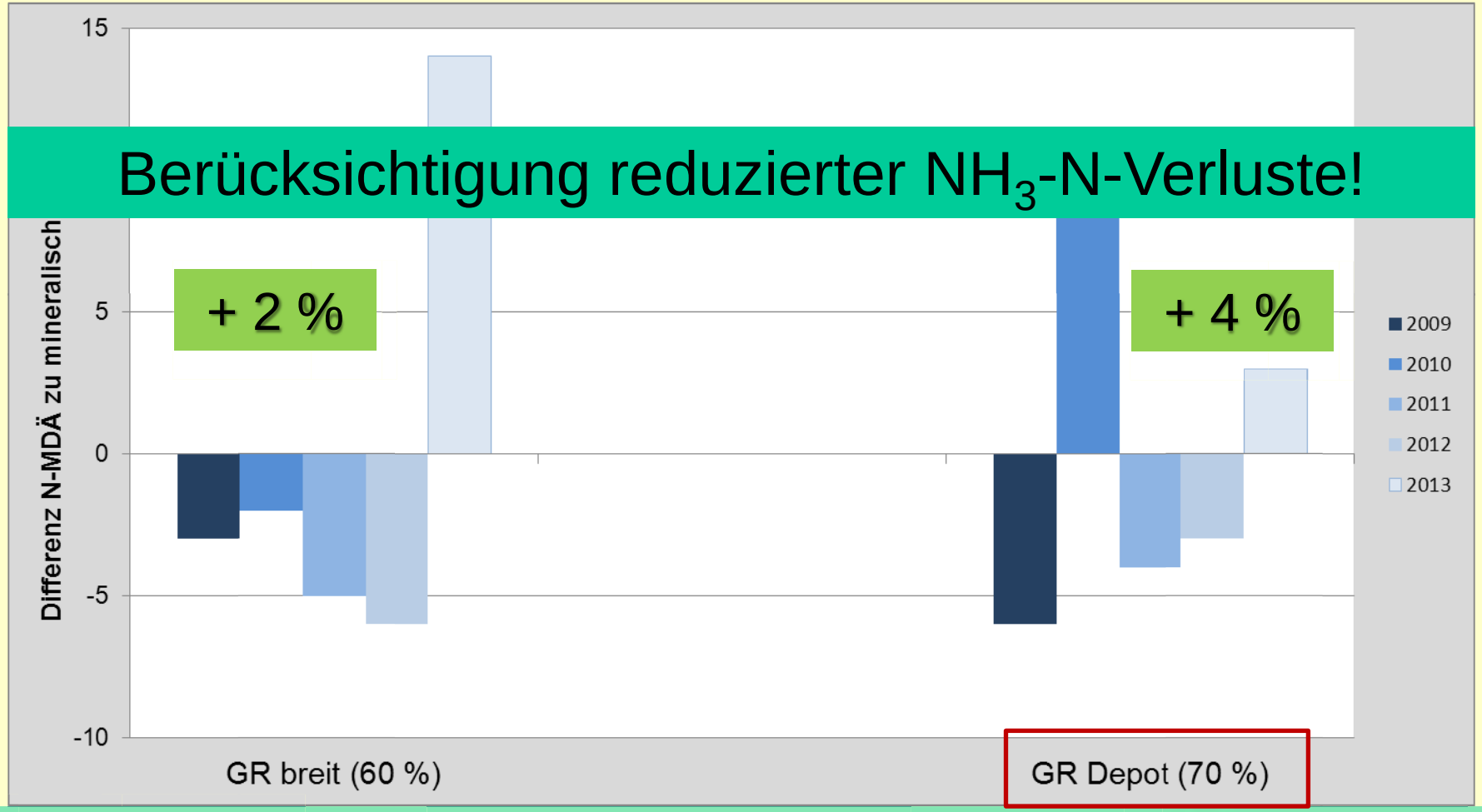
UF-Depot = breitfl. Ausbringung

N_{min}-Situation [kg Nitrat-N/ha]



Verfahrensvergleich - GR flüssig zu Silomais (5 Jahre)

(LTZ Augustenberg)



UF-Depot: (im Mittel) **Ertragsgleichheit** und höhere **N-Effizienz** bei 10 % weniger Gesamt-N-Düngung im UF-Depot

P-Verfügbarkeit im **UF-Depot** mit fl. Wirtschaftsdüngern

Übersicht „fl. Wirtschaftsdünger“

P-Angebot

Parameter		**R. Gülle** (n = 920)	**S.Gülle** (n = 775)	**GR $_{fl.}$** (n = 225)	**GR $_{fest}$** (n = 28)
Phosphat	[kg/t FM]	**1,5**	**2,3**	**1,8**	**4,5**

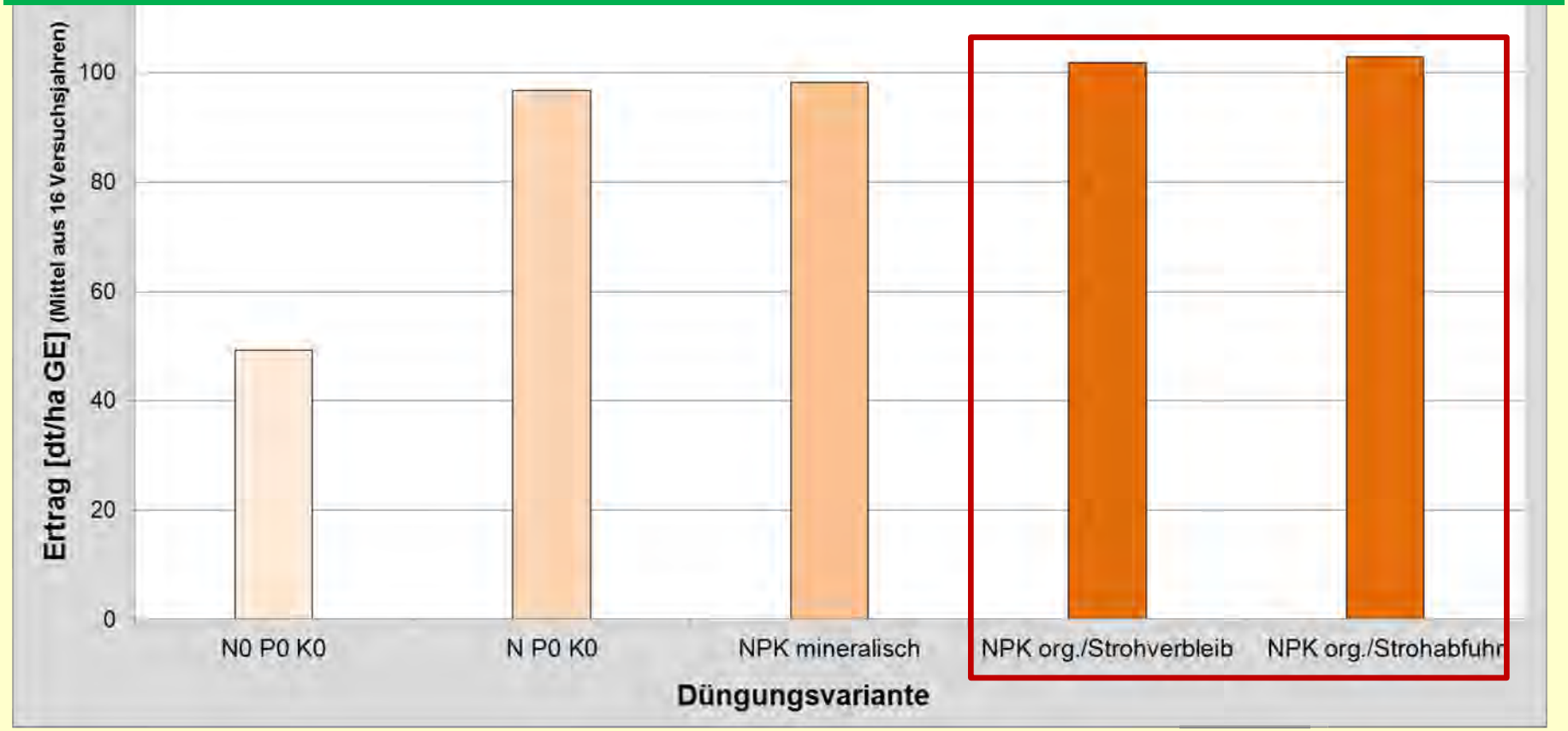
Anteil lösliches Phosphat am Gesamt-Phosphat

* $Gr_{fl.}$ /S. und R.Gülle 60 bis 70 %
* GR_{fest} 30 bis 40 %

Ertragswirkung im Dauerversuch (Mittel aus 16 Jahren)

(LTZ Augustenberg)

Kein gesicherter Ertragsunterschied zu „ohne P-Düngung“!



schluffiger Lehm; P-Gehaltsklasse: **C**

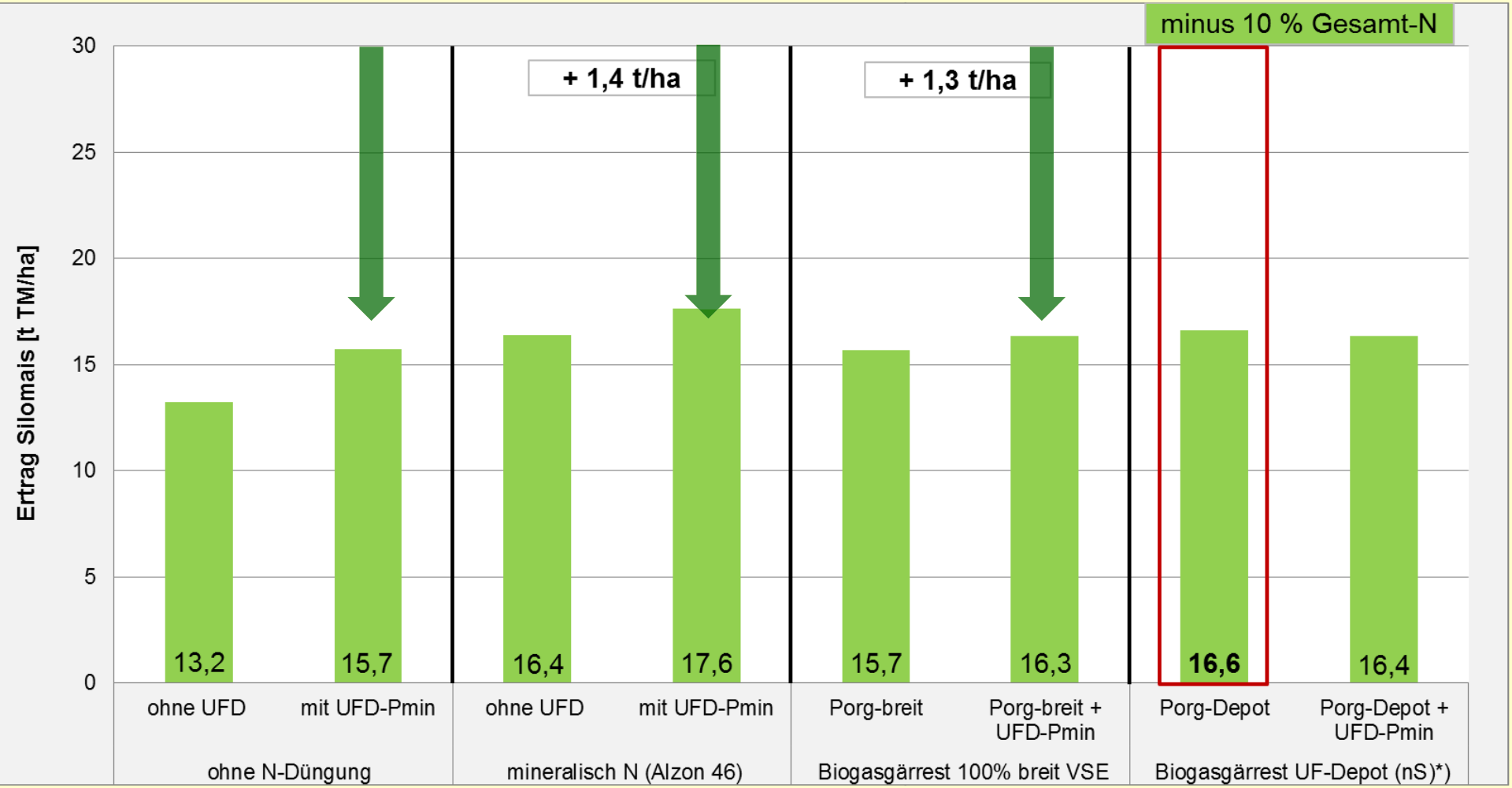
P-Wirkung einer UF-Depotdüngung zu Silomais

(Mittel aus 5 Versuchsjahren) (LTZ Augustenberg)

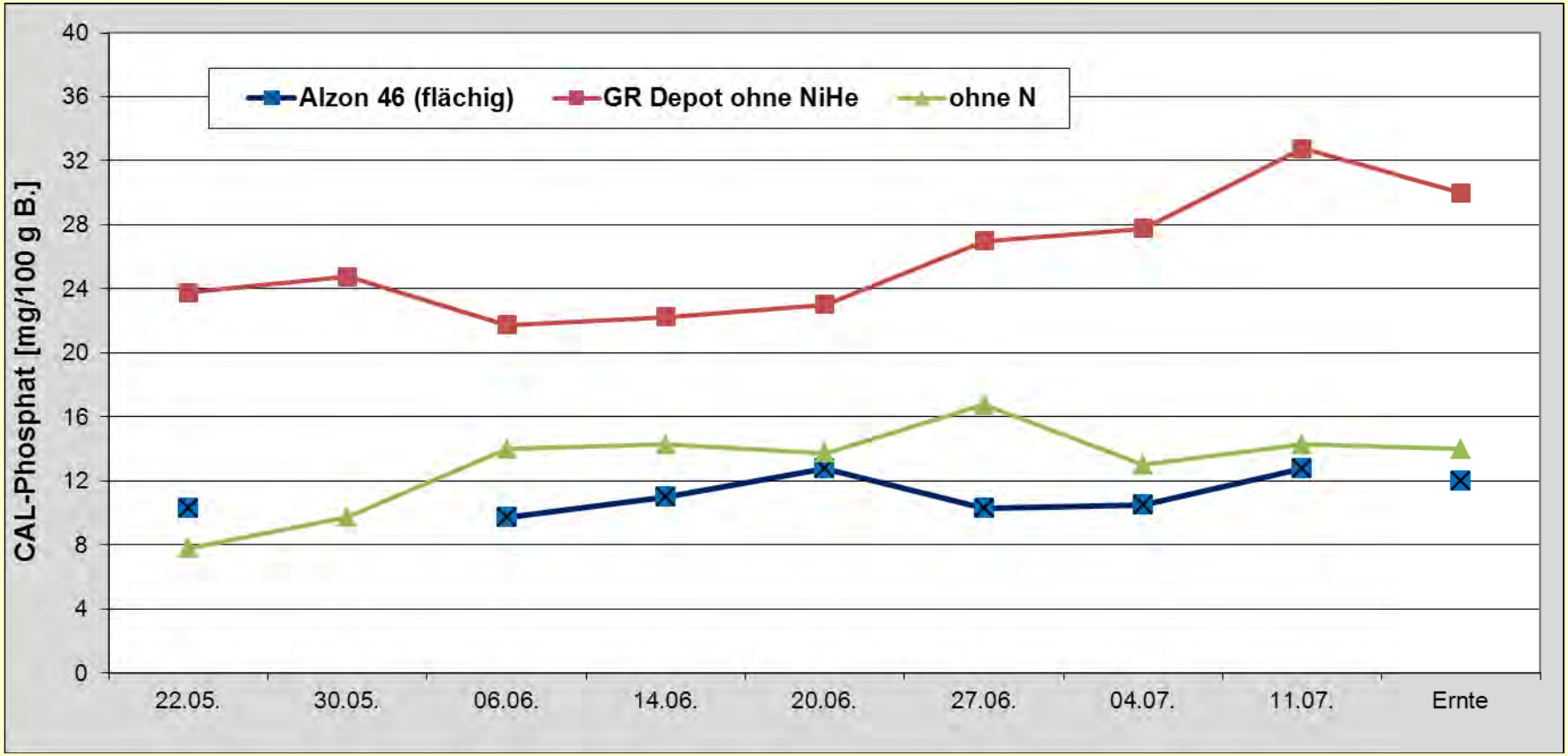
Variante	System
ohne N-Düngung	ohne UFD
	mit UFD-P_{min}
mineralisch N (Alzon 46)	ohne UFD
	mit UFD-P_{min}
Biogasgärrest breit vSE (60 % anr. N)	**$Porg_{-breit}$**
	$Porg_{-breit}$ + UFD-P_{min}
Biogasgärrest UF-Depot (nS)[*)]	**$Porg_{-Depot}$**
	$Porg_{-Depot}$ + UFD-P_{min}

schluffiger Lehm; P-Gehaltsklasse: **C**

Erträge von Silomais (Mittel aus 5 Versuchsjahren) (LTZ Augustenberg)



P-Verfügbarkeit (**CAL-P_2O_5-Gehalte)** in der Krume (0 – 20 cm)



P-Effizienz (Mittel aus **4 Versuchsjahren**)

Effizienz der P-Düngung im Anwendungsjahr

• Variante: mineralische N-Düngung **mit UFD**	**19 %**
• Variante: GR fl. in einer Gabe (**breit**) **ohne UFD**	**< 5%**
• Variante: GR fl. in einer Gabe (**breit**) **mit UFD**	**12 %**
• Variante: GR fl. **im UF-Depot ohne UFD**	**17 %**

Ausblick

Eine Depotdüngung ist aus heutiger Sicht einer Flächendüngung

- ökonomisch (mindestens) gleich zu setzen,
- ökologisch jedoch höherwertig einzustufen!

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!