

Handlungsoptionen zur weiteren Verbesserung der N-Effizienz in Ackerkulturen unter den Vorgaben der Düngeverordnung

8. Auswahl mineralischer N-Düngemittel, Stabilisierung, Injektion

Juli 2025, Dr. Michael Grunert

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Fotos: Grunert, LfULG

Alle Analysen von Pflanzen-, Boden- und Wasserproben wurden in der BfUL Nossen durchgeführt.
Die Ausführungen zum Düngerecht sind unverbindlich und unvollständig.

Steigerung der N-Effizienz - Handlungsoptionen

Zur Steigerung der N-Effizienz im Ackerbau bestehen u.a. folgende acker- und pflanzenbauliche Möglichkeiten (u.a. auch als Handlungsoptionen in Folge der Vorgaben der Düngeverordnung insbes. in Nitratgebieten):

1. Auswirkungen reduzierter N-Düngung im Ackerbau
2. ausgewogene Pflanzenernährung
3. fachlich verbesserte N-Düngebedarfsermittlung
4. differenzierte Kulturart-spezifische N-Reduzierung
5. Reduzierung des N_{\min} zu Vegetationsende
6. Präzisierung des N-Bedarfs vor 2./3. N-Gabe
7. effektive organische Düngung
- 8. Auswahl mineralischer Düngemittel incl. Stabilisierung (= vorliegender Teil)**
9. Nährstoffplatzierung
10. exakte Ausbringung von Düngemitteln
11. teilschlagspezifische Düngung
12. schlagspezifische Nährstoffbilanzierung
13. angepasste optimale Fruchtartenabfolge und Sortenwahl
14. Erosion verhindern
15.

N-Düngerformen

	Nitrat-N (NO₃⁻)	Ammonium-N (NH₄⁺)	Harnstoff-N (CH₄N₂O)
Bindung im Boden	nein	starke Bindung an Tonminerale und Humuskomplexe	nach Abbau zu NH ₄ starke Bindung an Tonminerale und Humuskomplexe
Transport im Boden	rasch mit dem Wasser zur Pflanzenwurzel	sehr langsame Diffusion in der Bodenlösung	nach Abbau zu NH ₄ sehr langsame Diffusion in der Bodenlösung
Wirkungs-geschwindigkeit	sehr schnell	mäßig schnell, länger anhaltend als Nitrat	mäßig schnell, durch Abbau zu NH ₄ Verzögerung je nach Bedingungen möglich
mögliche Verlustwege	Auswaschung gasförmig: N ₂ O, NO, N ₂	gasförmig: NH ₃	gasförmig: NH ₃
Attraktionswirkung für Wurzelwachstum	hoch	hoch	
Platzierungseignung	nicht geeignet	sehr gut	
	oft Aufnahme in Verbindung mit Transpiration, Gefahr des Luxuskonsums	Selbststeuerung der N-Aufnahme durch die Pflanze	ähnlich zu Ammonium (siehe links)

Ammoniakverluste nach Harnstoffdüngung?

- nach Harnstoffausbringung entsteht im ersten Abbauschritt durch Hydrolyse NH_4
- bei pH-Wert $> 7,5$ besteht die Gefahr von Ammoniakverlusten (gasförmig)
(da bei der Hydrolyse von Harnstoff der pH-Wert in der direkten Umgebung angehoben wird, besteht diese Gefahr auch bei geringeren pH-Werten)
- Pauschalangaben zu hohen NH_3 -Verlusten nach Harnstoffdüngung sind fachlich nicht nachvollziehbar. In Sachsen sind diese kaum zu erwarten.

geringe NH_3 -Verluste:

- bei niedrigem pH-Wert des Bodens
- auf sorptionsstarken Standorten,
bei hohem Humus- oder Tongehalt

bei Ausbringung beachten:

- keine Harnstoff-Düngung nach erfolgter Kalkung
- Ausbringung möglichst vor Regen oder auf feuchten Boden
- nicht bei hohen Temperaturen, starkem Wind



Wirkung von N-Düngerformen auf GE-Ertrag, N-Entzug, N-Bilanzsaldo und N_{min}-Gehalte nach der Ernte

(Lö-Standort Nossen, 2000-2012, Fruchtfolge: WW - WG - WRa - WW - Mais/ZF – Ka; reduziert = - 20 % N)

N-Form	N-Düngung				
		GE dt/ha	N-Entzug kg/ha	N-Bilanz- saldo kg/ha	N _{min} n. Ernte kg/ha
ohne	ohne	53,7	65	-65	32
KAS	reduziert	91,2	143	-35	31
KAS	optimal	94,3	160	-25	32
HS	reduziert	88,6	134	-27	29
HS	optimal	95,5	156	-21	30
ASS/KAS	reduziert	89,5	140	-32	28
ASS/KAS	optimal	93,4	155	-20	31
ENTEC	reduziert	89,9	138	-30	28
ENTEC	optimal	95,9	154	-20	31
GD 5%		1,6	3		

Quelle: Albert, Grunert LfULG, 2013

=> geringe Unterschiede durch N-Düngerform (bei ENTEC und ASS zusätzliche S-Wirkung möglich)

Wirkung von N-Düngerformen auf GE-Ertrag, N-Entzug, N-Bilanzsaldo und N_{min}-Gehalte nach der Ernte

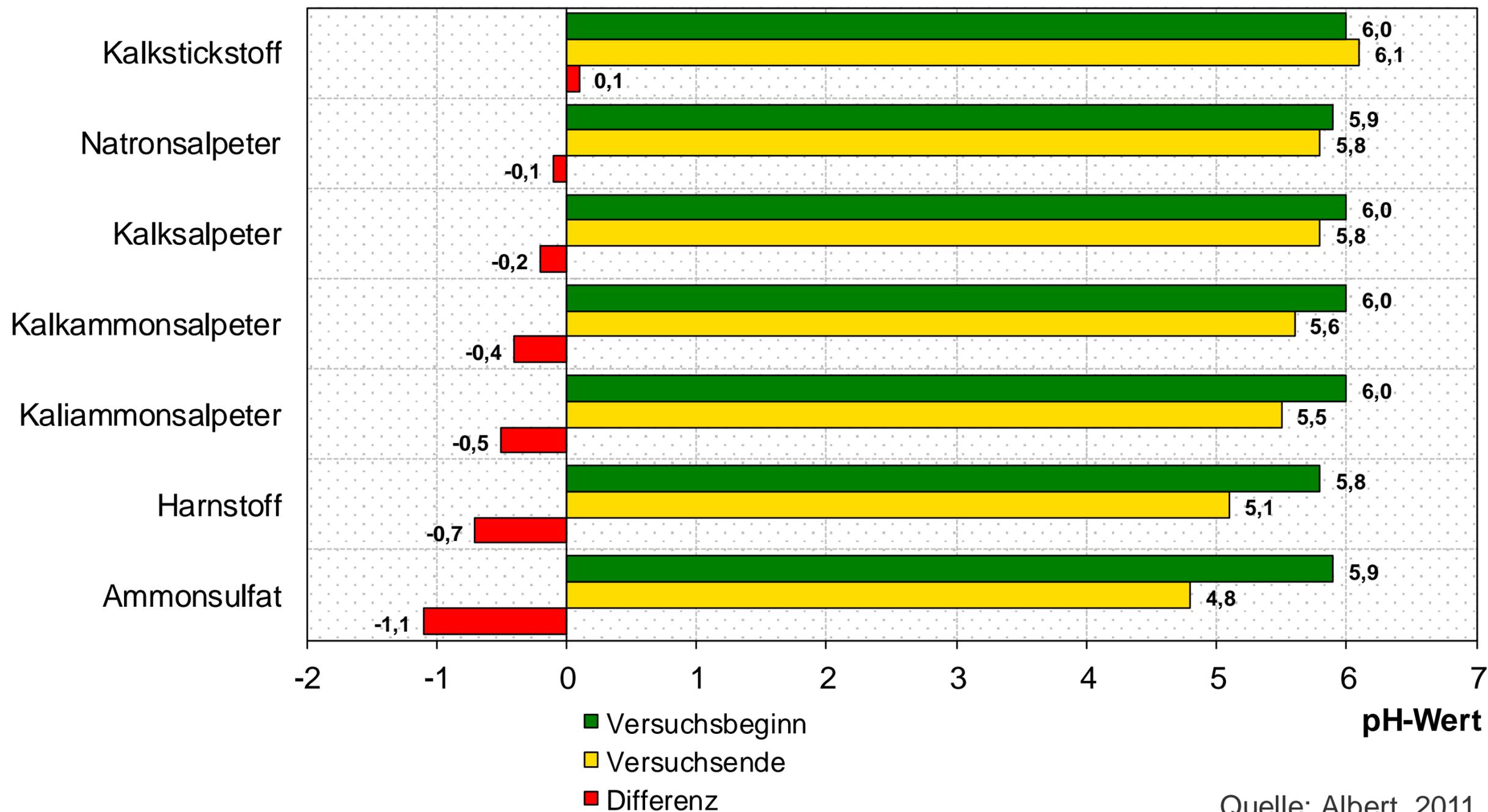
(V-Standort Forchheim, 2000-2012, Fruchtfolge: WW - WG - WRa - WW - Mais/ZF - Ka; reduziert = - 20 % N)

N-Form	N-Düngung				
		GE dt/ha	N-Entzug kg/ha	N-Bilanz- saldo kg/ha	N _{min} n. Ernte kg/ha
ohne	ohne	50,4	63	-63	32
KAS	reduziert	78,5	120	-15	38
KAS	optimal	81,6	131	-1	45
HS	reduziert	77,3	117	-11	38
HS	optimal	81,9	126	4	44
ASS/KAS	reduziert	79,5	119	-13	39
ASS/KAS	optimal	83,1	135	-5	42
ENTEC	reduziert	79,8	121	-16	36
ENTEC	optimal	83,4	133	-3	45
GD 5%		1,3	2		

Quelle: Albert, Grunert LfULG, 2013

=> geringe Unterschiede durch N-Düngerform (bei ENTEC und ASS zusätzliche S-Wirkung möglich)

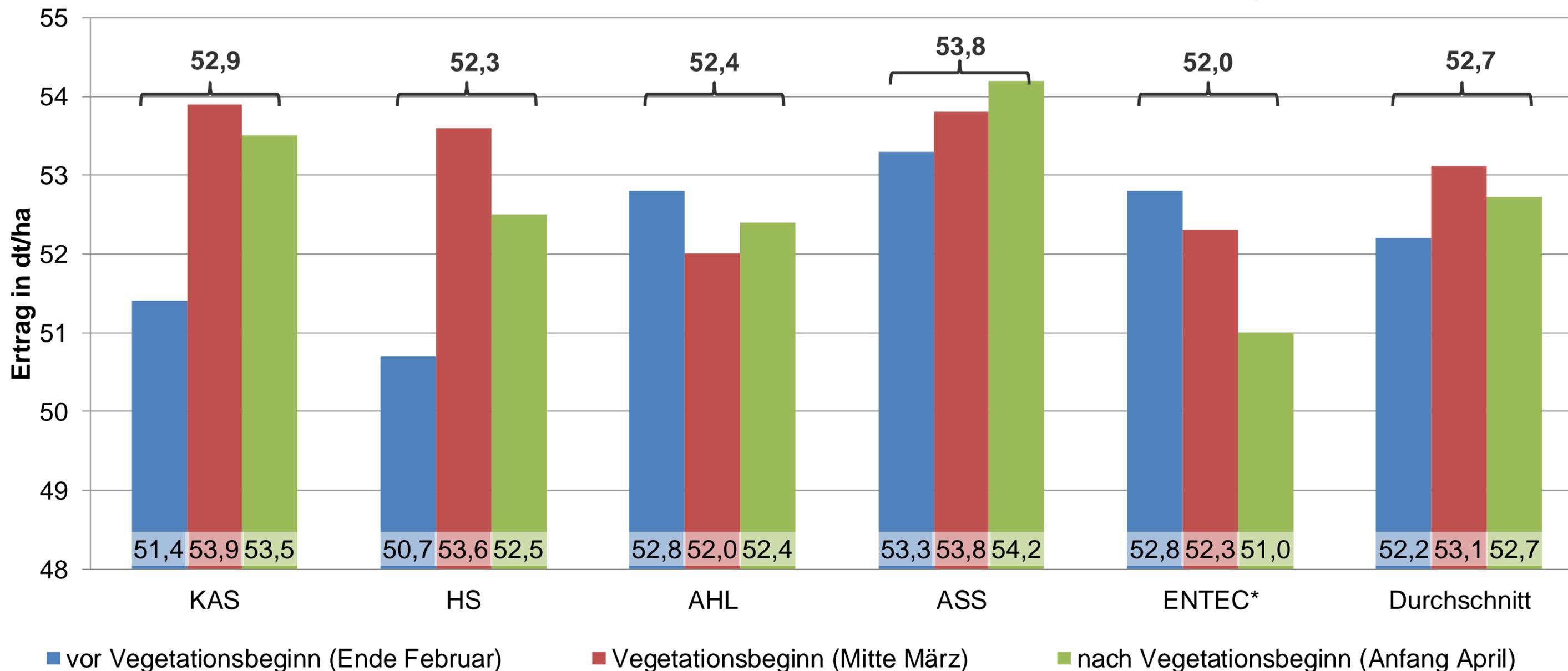
Änderung des Boden-pH-Wertes bei Anwendung verschiedener N-Düngemittel nach 14 Versuchsjahren



Quelle: Albert, 2011

Einfluss von Düngungstermin und N-Düngerform auf den Rapsertrag

Mittel aus 5 Jahren Standort Forchheim, Sorte: Mohican, N-Gesamtaufwand: 180 kg/ha



=> keine Unterschiede durch N-Düngerform (Nitrat-, Ammonium-, Harnstoff-N)

* ENTEC wurde ungeteilt in Höhe von 180 kg N/ha verabreicht

Nitrat, Ammonium oder Harnstoff?

- Anwendungseigenschaften differieren: Bindung und Transport im Boden, Wirkungsgeschwindigkeit, Verlustwege, Eignung für Platzierung
- aus pflanzenbaulicher Sicht bei fachgerechter Anwendung nur relativ geringe Wirkungsunterschiede (N-Effizienz)
- entscheidend: jeweilige Ausbringungsbedingungen, Standort, Witterung, zeitlicher N-Bedarf der Kultur
- weitere Kriterien sind zu beachten, so u.a.:
 - Preis je kg Nährstoff
 - Produktqualität, Streugenauigkeit, Streubreite
 - erforderlicher Kalkausgleich
 - wichtige Begleitnährstoffe wie z. B. S, Mg
 - arbeitswirtschaftliche Aspekte
 - Einordnung in betriebliches Düngungsmanagement



stabilisierte N-Düngung

Nitrifikationshemmstoffe („klassische“ Stabilisierung)

- Verzögerung der Umwandlung von $\text{NH}_4\text{-N}$ in $\text{NO}_3\text{-N}$
 - Zugabe zu Ammonium-, Amid- oder auch flüssigen organischen Düngemitteln
 - Reduzierung von $\text{NO}_3\text{-}$ (Verlagerung), $\text{N}_2\text{O-}$, NO- und $\text{N}_2\text{-}$ Verlusten (gasförmig)
 - je nach Witterungsbedingungen 4 bis 8 Wochen Wirkungsdauer
- => Zusammenlegen von Einzelgaben und/oder auch Vorverlegung möglich
- => höhere N-Effizienz und Wirtschaftlichkeit
- => bessere Wirksamkeit in Trockenphasen
- => Reduzierung von Überfahrten /Arbeitsgängen

Ureasehemmstoffe

- keine „klassische“ Stabilisierung, andere Wirkungsweise und Anwendung
 - Verzögerung der Umwandlung von Amid-N in $\text{NH}_4\text{-N}$ um bis zu 10 Tage
 - Reduzierung von Ammoniak-Verlusten
- => höhere N-Effizienz und Wirtschaftlichkeit
- => bessere Wirksamkeit in Trockenphasen
- => alleinige Zugabe von Ureasehemmstoff ermöglicht keine N-Gaben-Zusammenlegung (erst durch „Doppelstabilisierung“ mit Urease- und Nitrifikationshemmstoff)

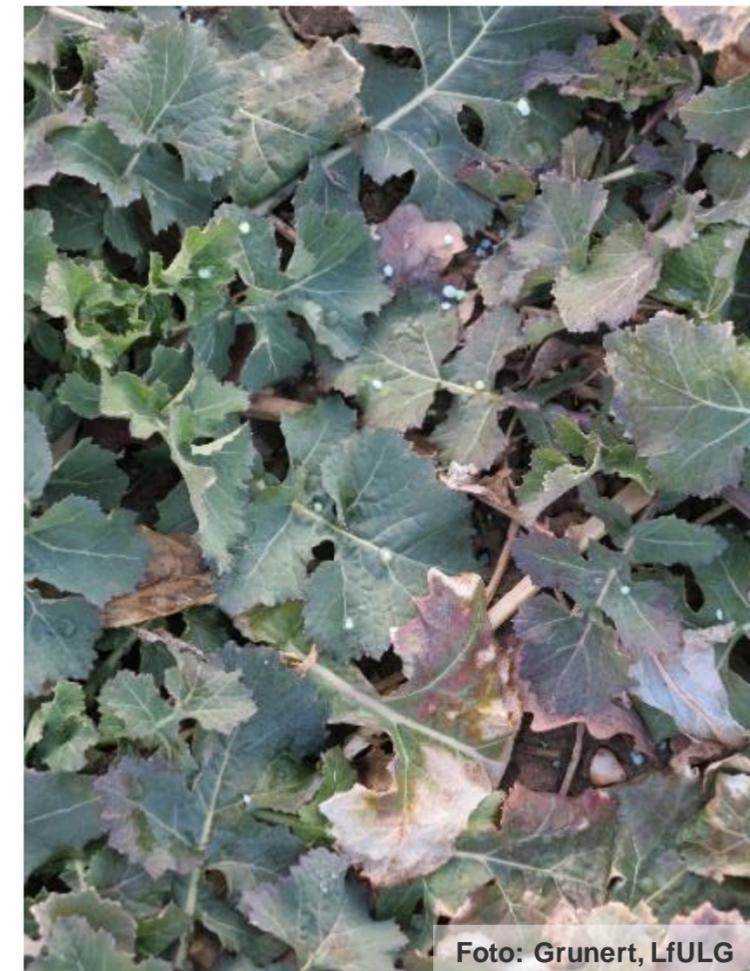
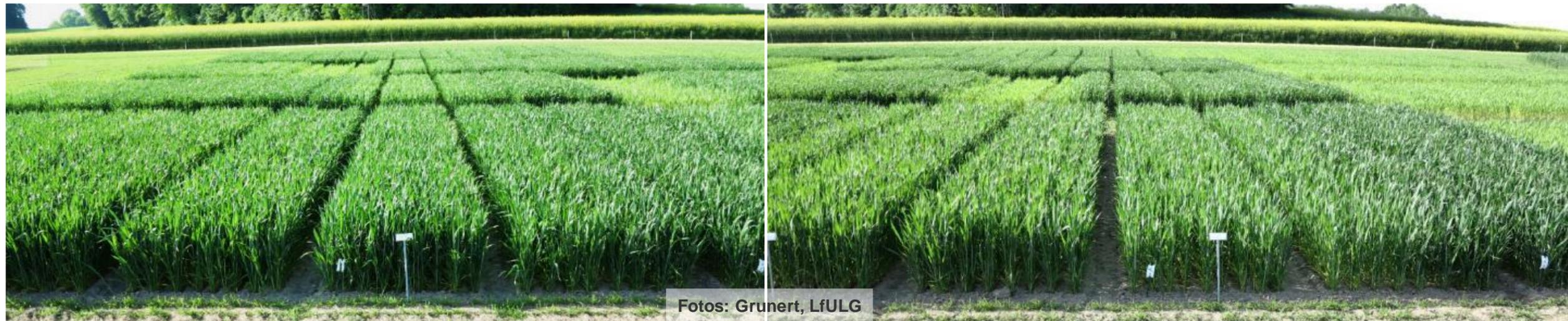


Foto: Grunert, LfULG

stabilisierte N-Düngung Winterweizen (A), Baruth 2016-18

- zwei stabilisierte mineralische N-Dünger (ENTEC 26, ALZON neoN)
- jeweils drei Einsatzstrategien
- zusätzlich: 0 N und Standardvariante 3 x KAS)

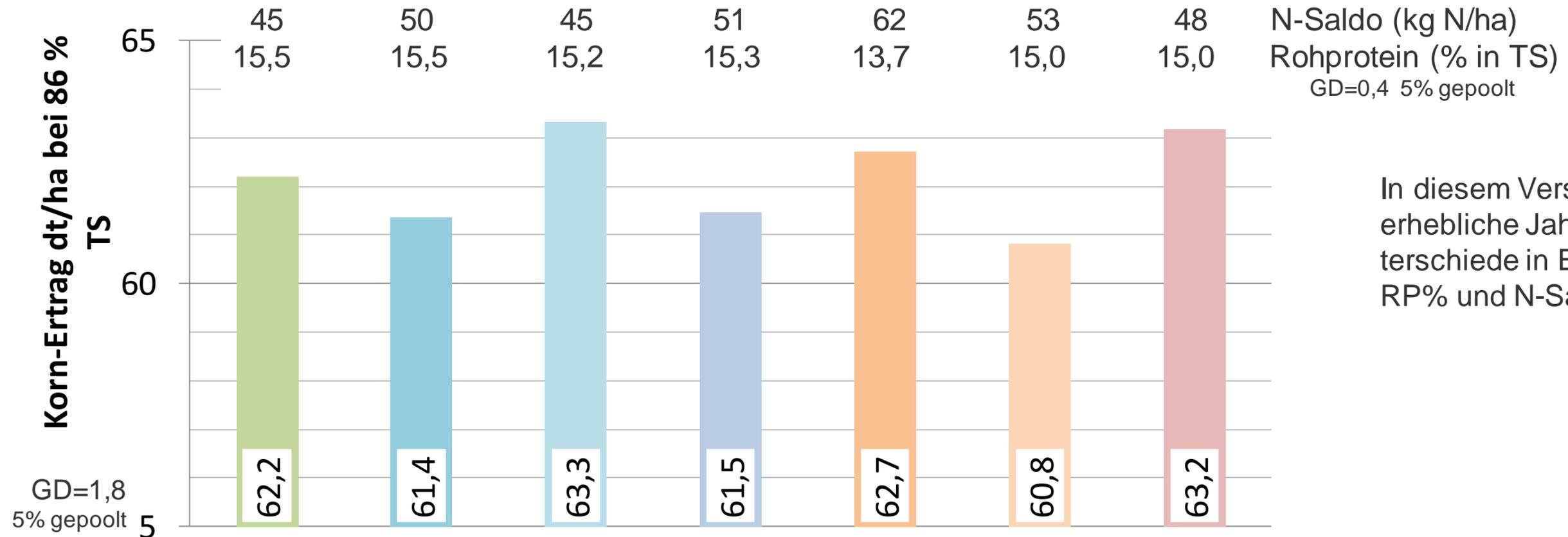


Fotos am 2.6.2017: - deutliche Entwicklungsunterschiede zwischen den Einsatzstrategien der geprüften stabilisierten N-Düngemittel

Ertragsergebnisse: - Bestätigung der Eindrücke
- mit beiden Düngern mit jeweils optimaler Einsatzstrategie sehr gutes Ergebnis erzielbar (folgende Abbildung)

Winterweizen: Ertrag, Rohprotein, N-Saldo bei stabilisierter N-Düngung

Baruth, D3, IS, Az 32, Ø 2016-19



In diesem Versuch erhebliche Jahresunterschiede in Ertrag, RP% und N-Saldo!

	79	189	135	79	189	135	79	
1. N-Gabe	79	189	135	79	189	135	79	ENTEC26
2. N-Gabe	56	0	0	110	0	0	110	ALZON neoN
3. N-Gabe	54	0	54	0	0	54	0	(2016: ALZON46)
Gesamt	189	189	189	189	189	189	189	KAS

=> Nitrifikationshemmstoff-stabilisierte N-Dünger bieten bei angepasster Gabenaufteilung sehr gute Lösungen

ENTEC26: 7,5 % NO₃-N + 18,5 % NH₄-N + 13 % S; mit Nitrifikationshemmstoff (3,4-Dimethylpyrazolphosphat)
ALZON 46: 46 % Carbamid-N, mit Nitrifikationshemmstoff (Dicyandiamid und 1H-1,2,4 Triazol)
ALZON neoN: 46 % Carbamid-N, mit Nitrifikationshemmstoff (MPA) und Ureasehemmstoff (2-NPT)

Winterweizen: Ertrag, Rohprotein, N-Saldo bei stabilisierter N-Düngung

Nossen, Lö4b, Ut4, AZ63, Ø 2021 + 2022 + 2024

mit **N-Düngung** steigen Ertrag, RP, N-Bilanz; Rohproteingehalte insgesamt deutlich zu niedrig, selbst bei 125 % N (weit über DüV)

überhöhte Düngung (>DüV!): Ertrag, RP, N-Bilanz steigen; RP immer noch <13 %

Insgesamt geringe, nicht absicherbare Unterschiede

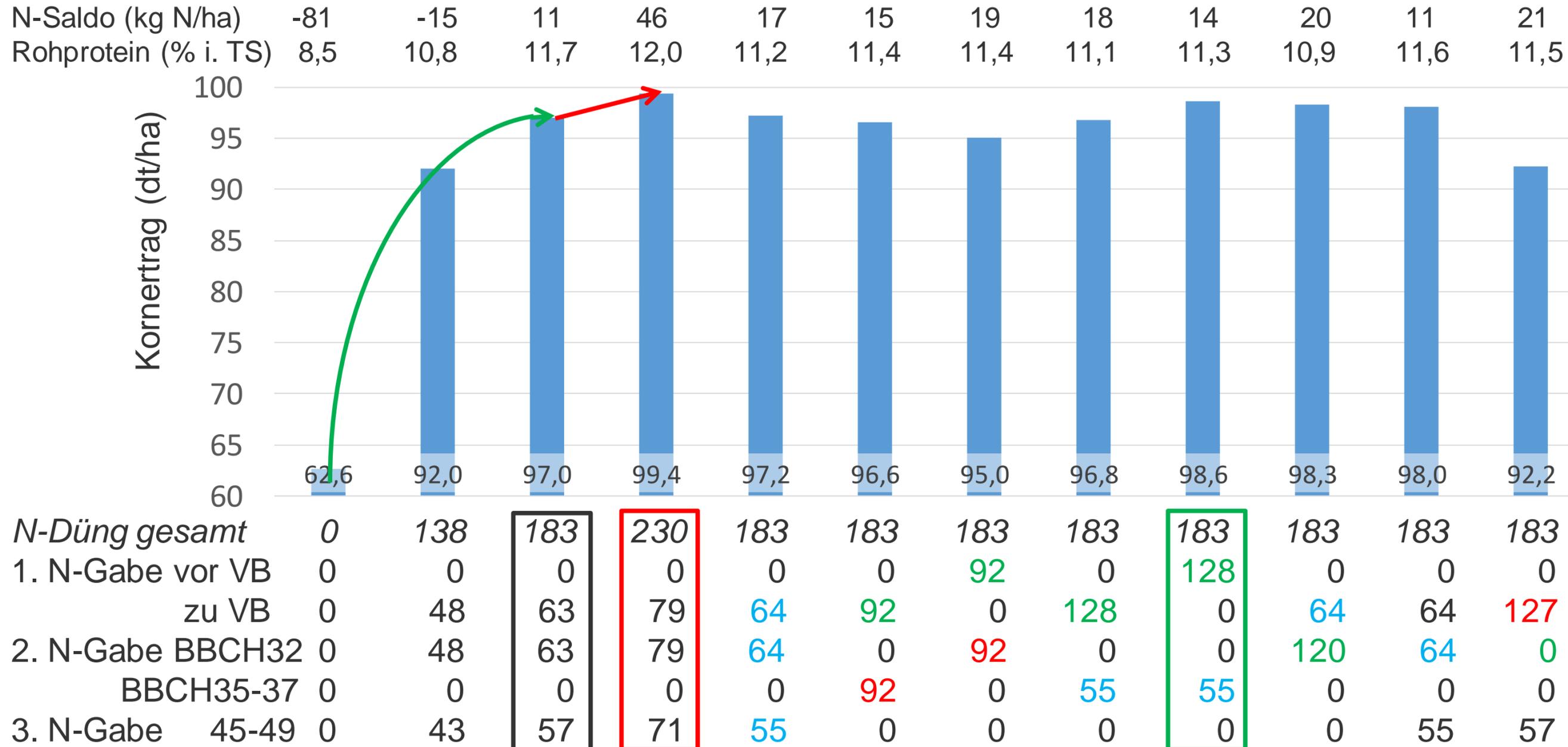
3*KAS gute Variante

ALZONneoN vor VB + späte 2. Gabe Piagran pro (UI) ist beste stabilisierte Variante

späte 2. oder eine 3. Gabe erscheinen als notwendig

Zielertrag: 105 dt/ha
N-DBE DüV: 194 kg N/ha
BESyD: 183 kg N/ha

GD 5%: 2021 / 22 / 24:
7,4 / 6,3 / 4,7 dt/ha



Winterweizen: Ertrag, Rohprotein, N-Saldo bei stabilisierter N-Düngung

Forchheim, Lö4b, Ut4, AZ63, Ø 2022-2024

N-Düngungsniveau erreicht nur ca. 86 % nach DüV, Zielertrag wurde erreicht, Rohproteingehalte deutlich zu niedrig

Insgesamt geringe, nicht absicherbare Unterschiede

3*KAS gute Variante

50% als ALZONneoN vor VB und 50 % als späte 2. Gabe mit Piagran pro ist beste stabilisierte Variante

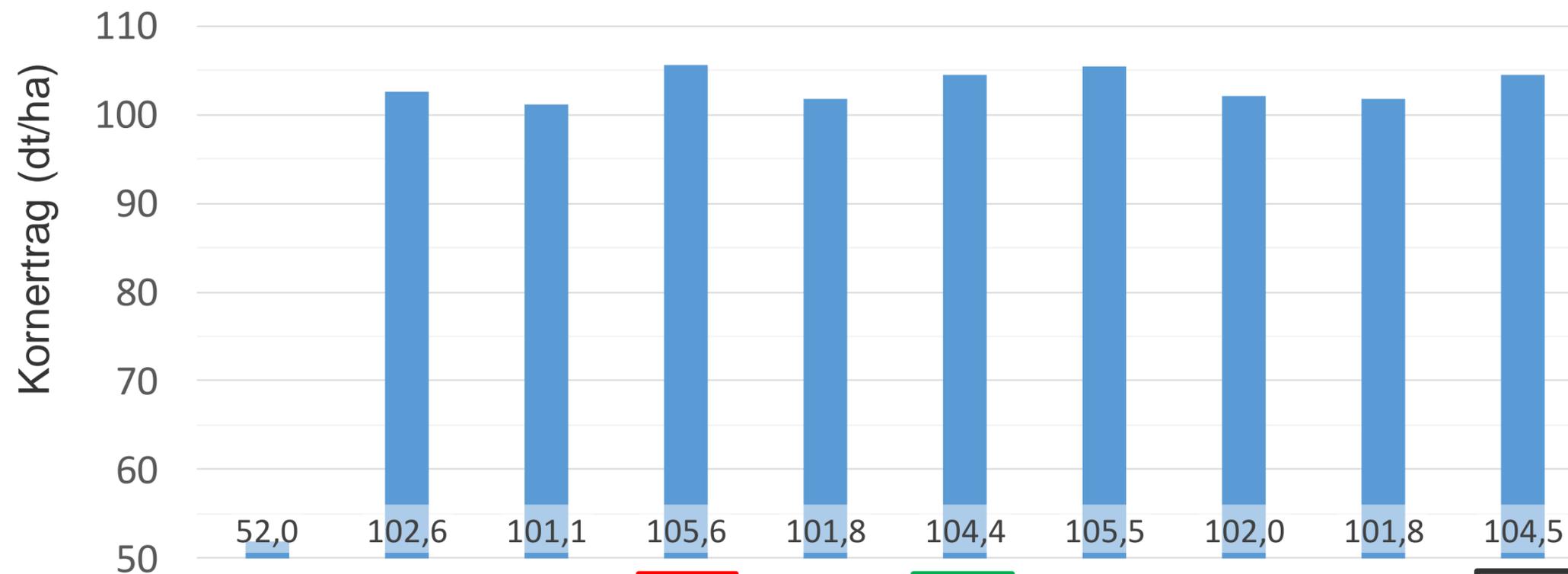
späte 2. oder eine 3. Gabe erscheinen als notwendig

mit nicht stabilisiertem Harnstoff gute Ergebnisse (zulässig nur bei Einarbeitung = unrealistisch)

Zielertrag: 101 dt/ha
N-DBE DüV: 214 kg N/ha
BESyD: 185 kg N/ha

GD 5%: 2022 / 23 / 24:
4,4 / 7,2 / 5,5 dt/ha

N-Saldo (kg N/ha)	-62	10	9	10	13	7	12	14	10	4
Rohprotein (% i. TS)	7,8	11,4	11,6	11,0	11,2	11,3	10,9	11,1	11,5	11,5



N-Düngung gesamt	0	186	186	186	186	186	186	186	186	186
1. N-Gabe vor VB	0	0	0	0	93	93	0	130	0	0
zu VB	0	65	65	93	0	0	130	0	65	65
2. N-Gabe BBCH32	0	65	65	0	93	0	0	0	120	65
BBCH35-37	0	0	0	93	0	93	56	56	0	0
3. N-Gabe 45-49	0	56	56	0	0	0	0	0	0	56

Wintergerste: Ertrag, Rohprotein, N-Saldo bei stabilisierter N-Düngung

Nossen, Lö4b, Ut4, AZ63, Ø 2022-2024

- Zielertrag im Mittel nicht erreicht,
- hohe jährliche Unterschiede (84-120 dt/ha)
- insgesamt niedriges N-Düngeniveau (u.a. Abzüge für gute Bestandesentwicklung im Frühjahr)

nicht stabilisierter Harnstoff fällt im Ertrag deutlich ab (Anwendung wegen Einarbeitungspflicht auch unrealistisch)

zeitige 1. N-Gaben mit 70-80 % der N-Düngung mit doppelt stabilisiertem Harnstoff vor Vegetationsbeginn tendenziell positiv, wenn ergänzt um 2. Gabe mit Harnstoff+UI zu BBCH 32-35

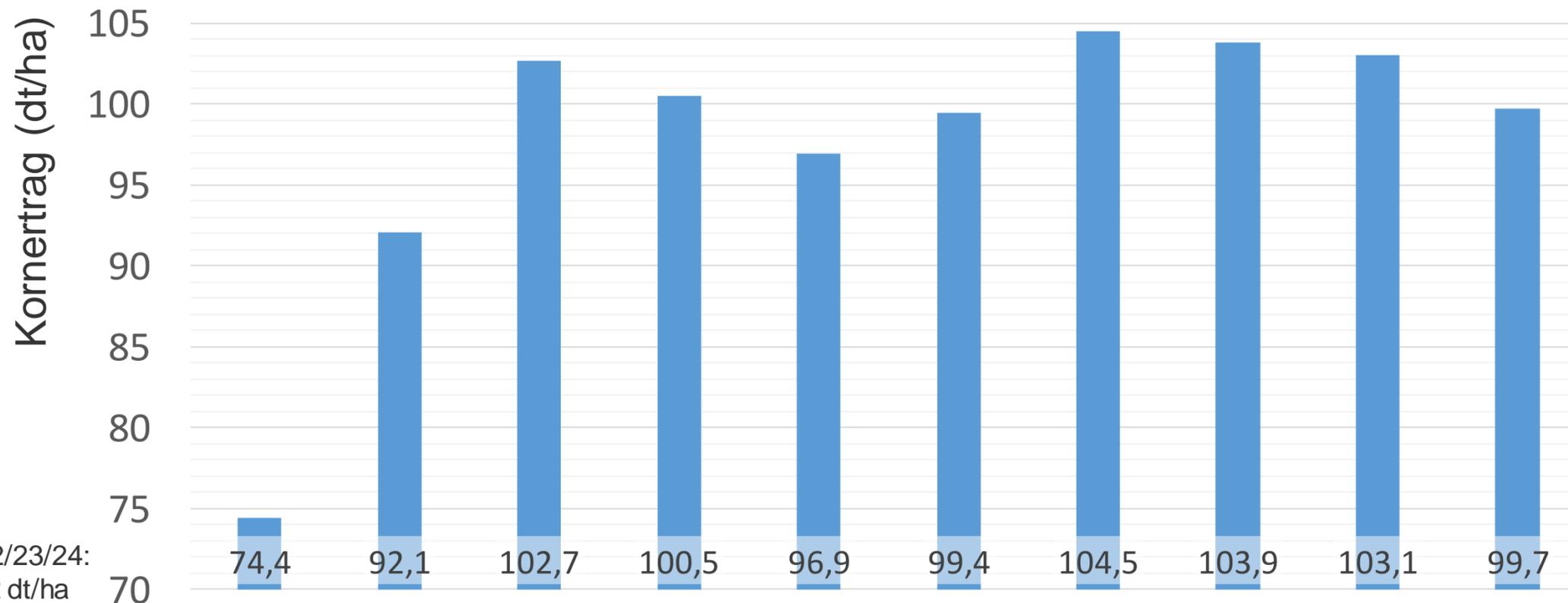
Einmalgabe vor VB nicht positiv, Einmalgabe zu VB möglich

2 Gaben mit Harnstoff + UI mit sehr gutem Ergebnis

2*KAS im Ertrag tendenziell schlechter, hoher RP-Gehalt
hohe RP-Gehalte insbes. bei hohen 2. N.-Gaben

Zielertrag: 112 dt/ha
N-DBE DüV: 189 kg N/ha
BESyD: 155 kg N/ha

N-Saldo (kg N/ha)	-80	6	-14	-18	4	3	-6	-5	-9	-10
Rohprotein (% i. TS)	7,8	11,4	11,8	12,2	11,0	10,9	11,0	10,9	11,3	11,8



GD 5%: 2022/23/24:
17,6/19,1/4,2 dt/ha

N-Düngung gesamt	0	152	152	152	152	152	152	152	152	152
1. N-Gabe vor VB	0	0	0	0	152	76	107	122	46	0
zu VB	0	76	76	152	0	0	0	0	107	76
2. N-G. BBCH32-35	0	76	76	0	0	76	46	30	0	76

KAS

Piagran pro (UI)

ALZONneoN (UI+NI)

granulierter Harnstoff

Wintergerste: Ertrag, Rohprotein, N-Saldo bei stabilisierter N-Düngung

Christgrün, sL, V5, Az 35, 2021-2024

N-Saldo (kg N/ha)	-94	-46	-29	-3	-32	-28	-21	-34	-30	-28	-28	-25
Rohprotein (% i. TS)	8,8	11,0	12,0	12,8	12,2	12,1	12,0	12,5	12,3	12,0	12,0	11,9

- Zielertrag im Ø überschritten
- insges. Düngenniveau <DüV (u.a. Abzüge für gute Bestandesentwicklung im Frühjahr)

mit N-Düngung steigen Ertrag, RP, N-Bilanz

überhöhte Düngung (>DüV!): Ertrag gleich, RP u. N-Bilanz steigen

2 Gaben mit Harnstoff + UI mit sehr gutem Ergebnis

Einmalgabe vor VB mit schlechterem Ergebnis

Gabe vor VB sollte mit 2. N-Gabe kombiniert werden

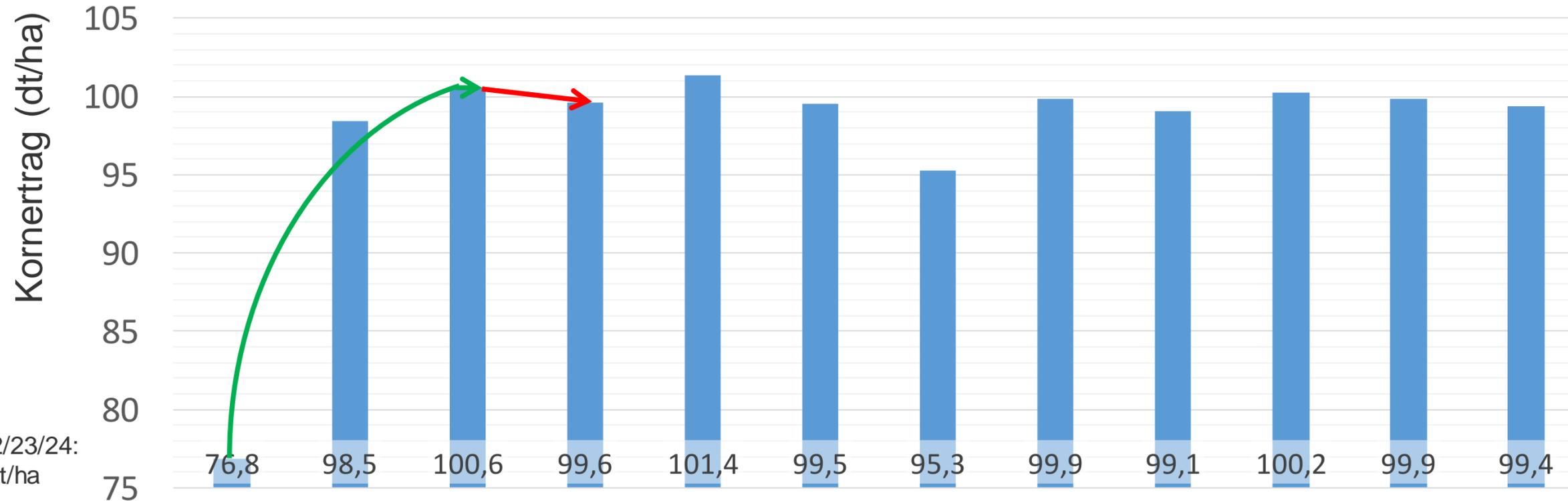
Einmalgabe zu VB mit Harnstoff+UI+NI in allen Jahren gut

2*KAS gutes Ergebnis

ENTECC 26 gutes Ergebnis

hohe RP-Gehalte insbes. bei hohen 2. N.-Gaben

Zielertrag: 93 dt/ha
N-DBE DüV: 150 kg N/ha
BESyD: 138 kg N/ha



GD 5%: 2021/22/23/24:
5,1/9,5/7,7/4,4 dt/ha

N-Düng gesamt.	0	-25%	BESyD	+25%								
kg N/ha	0	103	138	172	138	138	138	138	138	138	138	138
1. N-Gabe vor VB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
zu VB	0	58	78	97	69	138	0	0	0	96	69	138
2. N-G. BBCH32-35	0	45	60	75	69	0	0	69	41	0	69	0

KAS Piagran pro (UI) ALZONneoN (UI+NI) ENTECC26

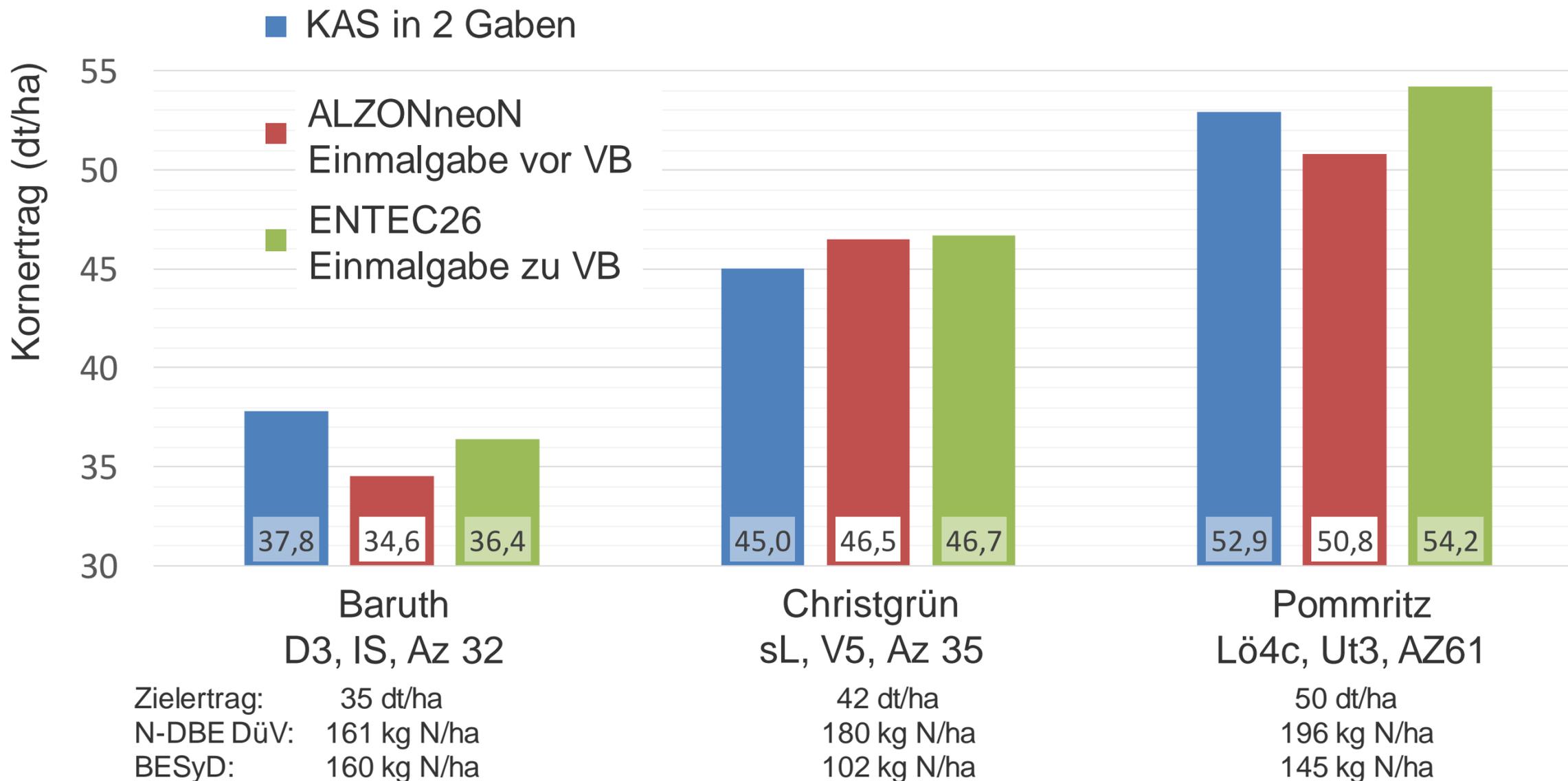
Winterraps: Ertrag bei stabilisierter N-Düngung

Baruth, V8a, SI3, Az33

Pommritz, Lö4c, Ut3, AZ61

Christgrün, sL, V5, Az 35,

jeweils 2021-2023



standortabhängig erhebliche Unterschiede zwischen N-DBE nach DüV und fachlicher Empfehlung – durch drastische Unterschiede der Bestandesentwicklung und damit der N-Aufnahme vor Winter

mit 2 KAS-Gaben hohe Erträge

mit ENTEC26 im Mittel gleiche Erträge mit Standortunterschieden

mit Einmalgabe ALZONneoN (Harnstoff+UI+NI) vor VB sehr gute Ergebnisse

stabilisierte N-Düngung ist zu Winterraps eine sehr gute Option

Steigerung der N-Effizienz bei der Harnstoffdüngung

Projekt StaPlaRes Ziel: N-Verlust-Minderung bei Harnstoffdüngung: NO_3^- , N_2O , N_2 , NH_3



Fa. Rauch:

Injektionstechnik zur wurzelnahen Einarbeitung von Feststoff-Düngern

= **Platzierung**

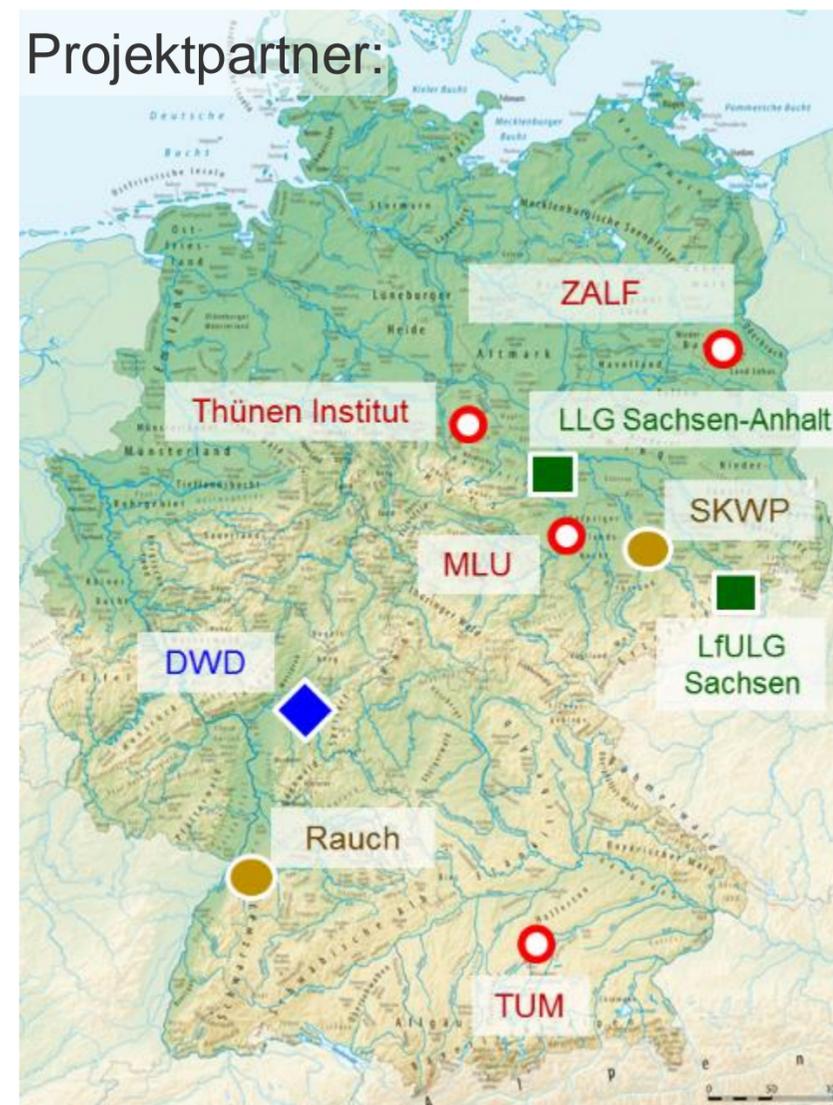
Fa. SKWP:

Granulierter Harnstoff, der einen Ureaseinhibitor (UI) & einen Nitrifikationsinhibitor (NI) enthält

= **Stabilisierung**

Quelle: Thiel et al, SKW, 2020

Projektpartner:



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

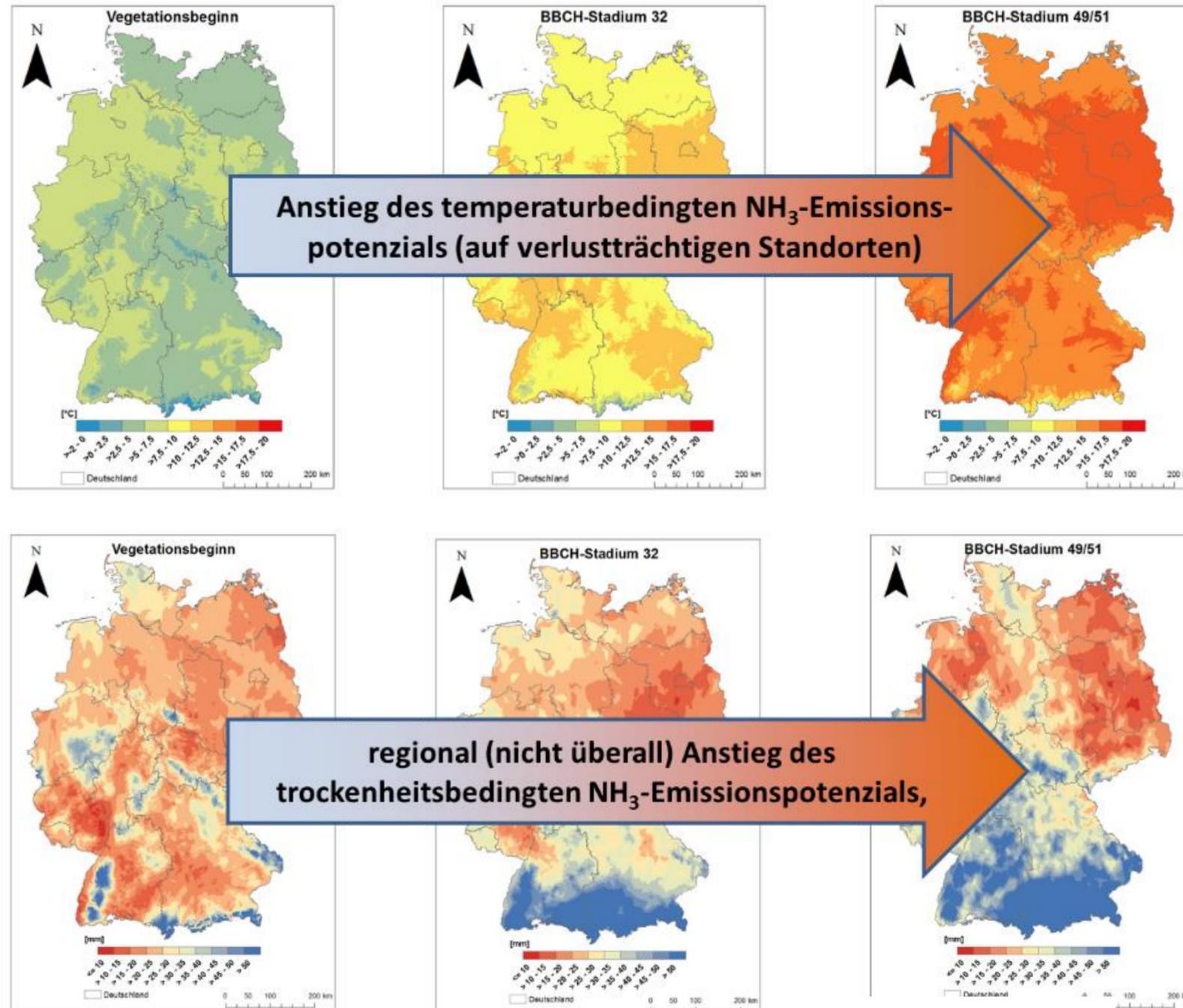


Informationen zum Projekt (Laufzeit 2016-20) und den Ergebnissen unter:

<https://www.landwirtschaft.sachsen.de/n-stabilisierung-und-wurzelnah-platzierung-projekt-staplares-45491.html>

Steigerung der N-Effizienz bei der Harnstoffdüngung

Projekt StaPlaRes Ziel: N-Verlust-Minderung bei Harnstoffdüngung: NO_3^- , N_2O , N_2 , NH_3



Ergebnisse NH_3 -Emissionen:

- witterungs- und standort- bedingte Unterschiede
- NH_3 -Emissionen aus Harnstoff deutlich (5-mal) kleiner als EMEP-Faktor

Fazit aus NH_3 -Messungen, Standort- und agrarmeteorologischer Analyse:

- variable Terminierung der Düngung und Beachtung standorttypischer Boden- und Witterungsbedingungen ist entscheidender als die NH_3 -mindernde Wirkung eines Ureaseinhibitors

<https://www.landwirtschaft.sachsen.de/n-stabilisierung-und-wurzelnah-platzierung-projekt-staplares-45491.html>

Quelle: Thiel et al, SKW, 2020

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

mit Nitrifikationsinhibitoren stabilisierte mineralische N-Dünger

Empfehlungen zum Einsatz im Programm BESyD

fachliche Basis:

- Ergebnisse des Projektes StaPlaRes sowie von weiteren Exaktversuchen und Erfahrungen von SKW Piesteritz und des LfULG Sachsen

berücksichtigte Faktoren für den konkreten Schlag:

- beabsichtigte N-Düngestrategie des Landwirts
(nur NI-stabilisierte N-Dünger oder Kombination mit nicht stabilisierten mineralischen N-Düngemitteln),
- Qualitätsziel beim Weizenanbau (Qualitätsstufe E, A, B bzw. C),
- Höhe des ermittelten N-Düngebedarfs (Stabilisierung ist erst ab einer N-Mindestgabe sinnvoll),
- Anbau in Trockenregion ja/nein (Abgrenzung mit im Programm hinterlegten Boden-Klima-Räumen),
- Bodenfeuchte vor abschließender N-Gabe (Qualitätsgabe)
- umgesetzt in komplexen Ablaufschema

Für den Anwender nur zwei zusätzliche Eingaben:

- Soll stabilisiert gedüngt werden?
- Zu 100% stabilisierte Düngung oder Kombination mit nicht stabilisierten N-Düngern?

=> Ergebnis:

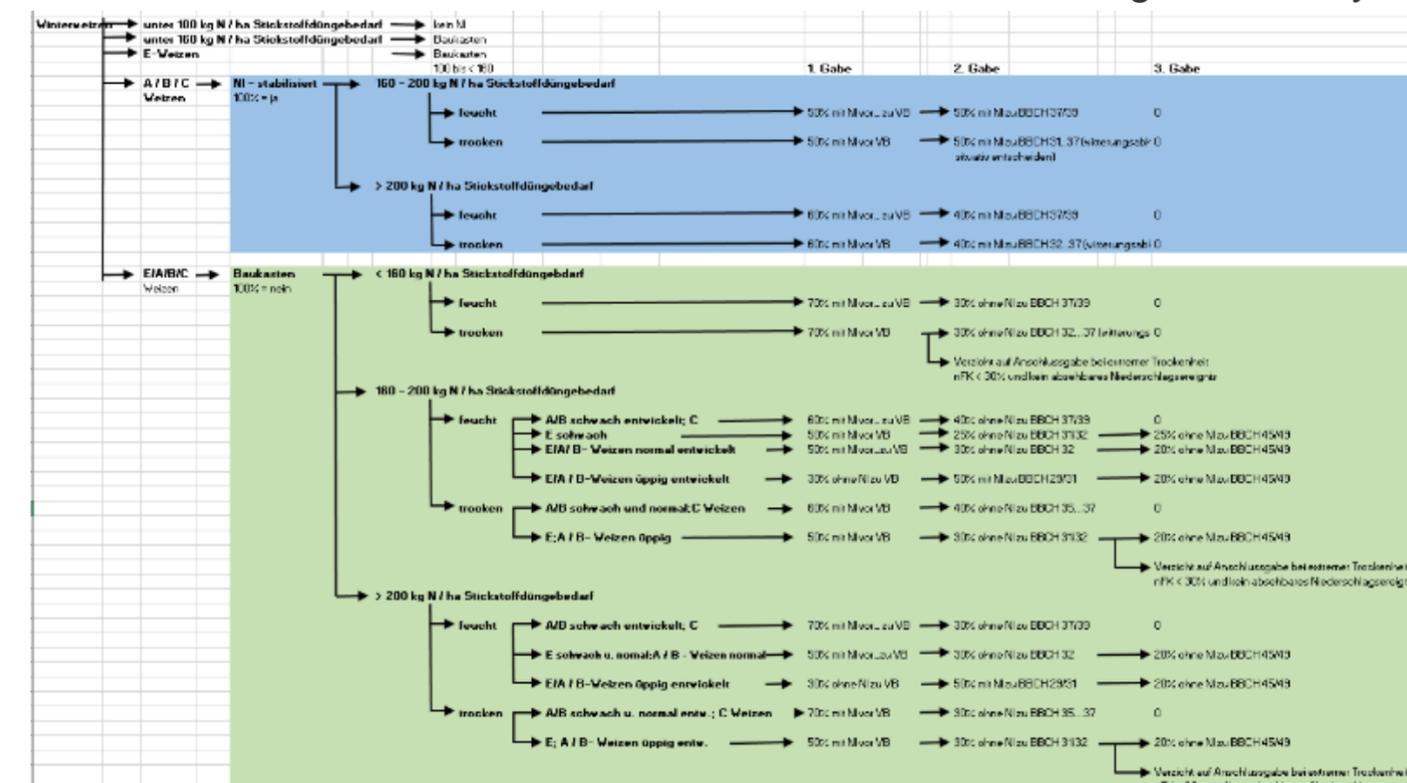
- Empfehlung von N-Gabenanzahl, -höhe und -termin
- für Winterweizen, WGerste, WRoggen, WRaps
- in BESyD V10 seit 1.7.2021

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Entscheidungsbaum stabilisierte N-Düngung
zu A-Weizen im Programm BESyD



Projekt StaPrax-Regio

Ziel:

- regionalspezifische Anpassung der im Vorhaben StaPlaRes erarbeiteten Empfehlungen zur stabilisierten mineralischen N-Düngung

Laufzeit: 2021-2024

Arbeitsschwerpunkte:

- wissenschaftlich fundierte edaphisch-meteorologische Standortdifferenzierung auf Basis vorhandener Karten und Geoinformationssysteme
- Prüfung differenzierter Düngungsempfehlungen in praxisnahen Freilandversuchen auf charakteristischen Ackerstandorten in ganz Deutschland (im LfULG zu WWeizen, WGerste, WRoggen auf verschiedenen Standorten)
- Übernahme der regionalisierten, standortangepassten Düngungsstrategien in vorhandene Tools der amtlichen Düngungsberatung (z.B. BESyD) und des Wissenstransfers
=> Verwertung der in StaPlaRes und StaPrax-Regio gewonnenen Erkenntnisse

Verbundpartner:

- SKW Stickstoffwerke Piesteritz GmbH (Projektleitung)
- Deutscher Wetterdienst Leipzig
- GIS-Arbeitsgruppe der Hochschule Anhalt
- Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Informationen zum Projekt (Laufzeit 2016-20) und den Ergebnissen unter:

<https://www.landwirtschaft.sachsen.de/n-stabilisierung-in-der-duengepraxis-projekt-staprax-regio-55505.html>

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Landwirtschaft, Ernährung
und Heimat

Projektträger



Bundesanstalt für
Landwirtschaft und Ernährung

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Parzellenversuch stabilisierte N-Düngung
zu Winterroggen, Baruth 30.03.2021

Foto: Grunert, LfULG



Stabilisierte mineralische N-Dünger

Empfehlungen zum Einsatz im Programm webBESyD

fachliche Basis:

- Baustein stabilisierte N-Düngung in BESyD
- Ergebnisse des Projektes StaPraxRegio sowie von weiteren Exaktversuchen und Erfahrungen von SKW Piesteritz des DWD und des LfULG Sachsen

berücksichtigte Faktoren für den konkreten Schlag:

- beabsichtigte N-Düngestrategie des Landwirts
(nur NI-stabilisierte N-Dünger oder Kombination mit nicht stabilisierten mineralischen N-Düngemitteln),
- Qualitätsziel beim Weizenanbau (Qualitätsstufe E, A, B bzw. C),
- Höhe des ermittelten N-Düngebedarfs (Stabilisierung ist erst ab einer N-Mindestgabe sinnvoll),
- Anbau in Trockenregion ja/nein (Abgrenzung mit im Programm hinterlegten Boden-Klima-Räumen),
- **Bodenfeuchte vor abschließender N-Gabe – automatischer Import vom DWD**
- **Witterungsprognose des DWD – automatischer Import vom DWD**
- umgesetzt in komplexen Ablaufschema (siehe Abb. rechts)

Für den Anwender nur zwei zusätzliche Eingaben:

- Soll stabilisiert gedüngt werden?
- Zu 100% stabilisierte Düngung oder Kombination mit nicht stabilisierten N-Düngern?

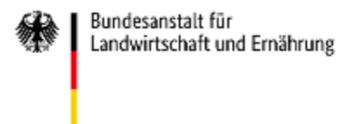
- => **Ergebnis:**
- Empfehlung von N-Gabenanzahl, -höhe und -termin für jeden Schlag u.a. in Abhängigkeit von Bodenfeuchte und Witterungsprognose
 - für Winterweizen, WGerste, WRoggen, WRaps
 - in webBESyD ab Ende 2025

Gefördert durch:

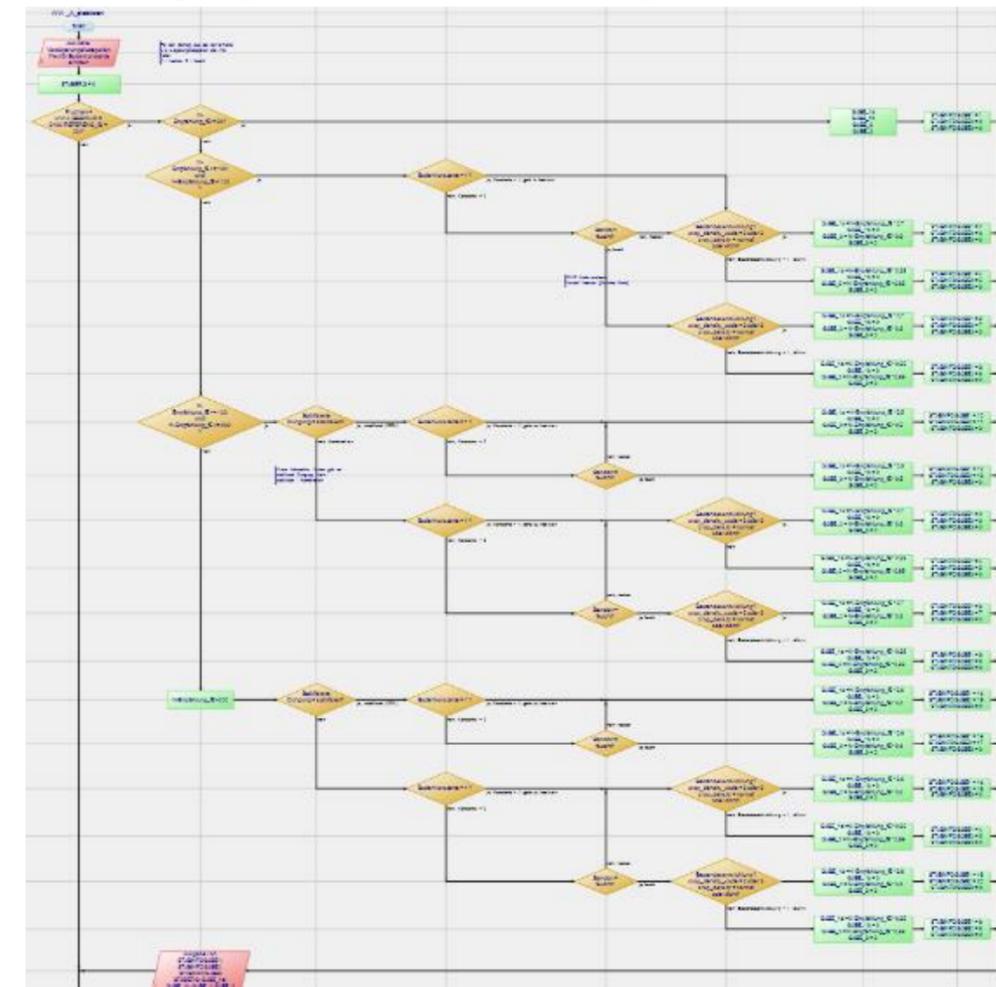


aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projekträger



Ablaufschema für Empfehlung zur stabilisierten N-Düngung zu A-Weizen im Programm webBESyD:



mineralische N-Düngemittel

Stabilisierung

Zusammenfassung

- spezifische Anwendungseigenschaften der N-Düngerformen Nitrat-, Ammonium- und Amid-N (Bindung und Transport im Boden, Wirkungsgeschwindigkeit, Verlustwege ...)
- Spezifika des Betriebes spielen eine wesentliche Rolle (Standorte, Witterung, Nährstoffplatzierung, Technik)
- bei fachgerechter Anwendung nur geringe Wirkungsunterschiede der N-Formen (N-Effizienz)
- mit Nitrifikationshemmer stabilisierte mineralische N-Dünger bieten insbesondere unter Berücksichtigung länger werdender Trockenphasen bei verschiedenen Kulturen Chancen für die Verbesserung der N-Effizienz und die Einsparung von Arbeitsgängen
- Empfehlungen zu Einsatzstrategien stabilisierter N-Dünger liefert u.a. das Programm webBESyD
- Ureasehemmer mindern zusätzlich eventuelle Verluste bei Harnstoffdüngung



Injektionsdüngung - Einschätzung der Vorteile

- Einsparung von Arbeitsgängen;
von Arbeitszeit und Diesel auf Grund geringerer Flächenleistung eher nicht
- sehr exakte Ausbringung der Düngelösung (keine „Düngestreifen“)
- evtl. weniger Lager, gesündere und weniger stressanfällige Pflanzen
- keine oberflächige Abschwemmung von N nach Starkniederschlägen
- bessere N-Wirkung bei später einsetzender Trockenheit
- praxiserprobtes Verfahren
- kaum Unterschiede in der N-Bilanz
- kein Nachweis einer Reduktion von N-Auswaschungsverlusten möglich
- keine NH_4 -Stabilisierung notwendig



Injektionsdüngung - Einschätzung der Nachteile

- Spezialtechnik mit verminderter Flächenleistung und aufwändiger Logistik
- Abhängigkeit von Lohnunternehmen
- frühzeitige Festlegungen der gesamten N-Düngermenge für den gesamten Vegetationsverlauf bis zur Ernte, keine Korrekturmöglichkeiten (Witterung, Nachlieferung)
- teilschlagspezifische Düngung z.B. mit dem N-Sensor (noch?) nicht möglich
- bei Qualitätsweizenanbau auf Standorten mit hohem Ertragsniveau evtl. zusätzliche N-Spätgabe erforderlich
- Unsicherheiten in Bezug auf die Depotstabilität, evtl. auch abhängig vom verwendeten Düngemittel



N-Injektion zu Winterweizen

Foto: Albert, LfULG



Foto: Albert, LfULG

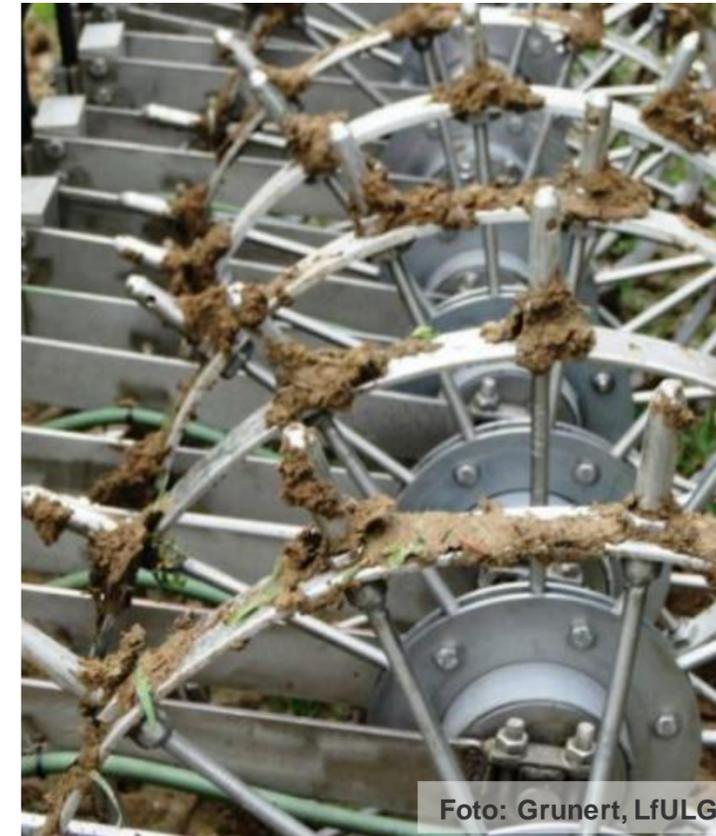


Foto: Grunert, LfULG



Foto: Grunert, LfULG

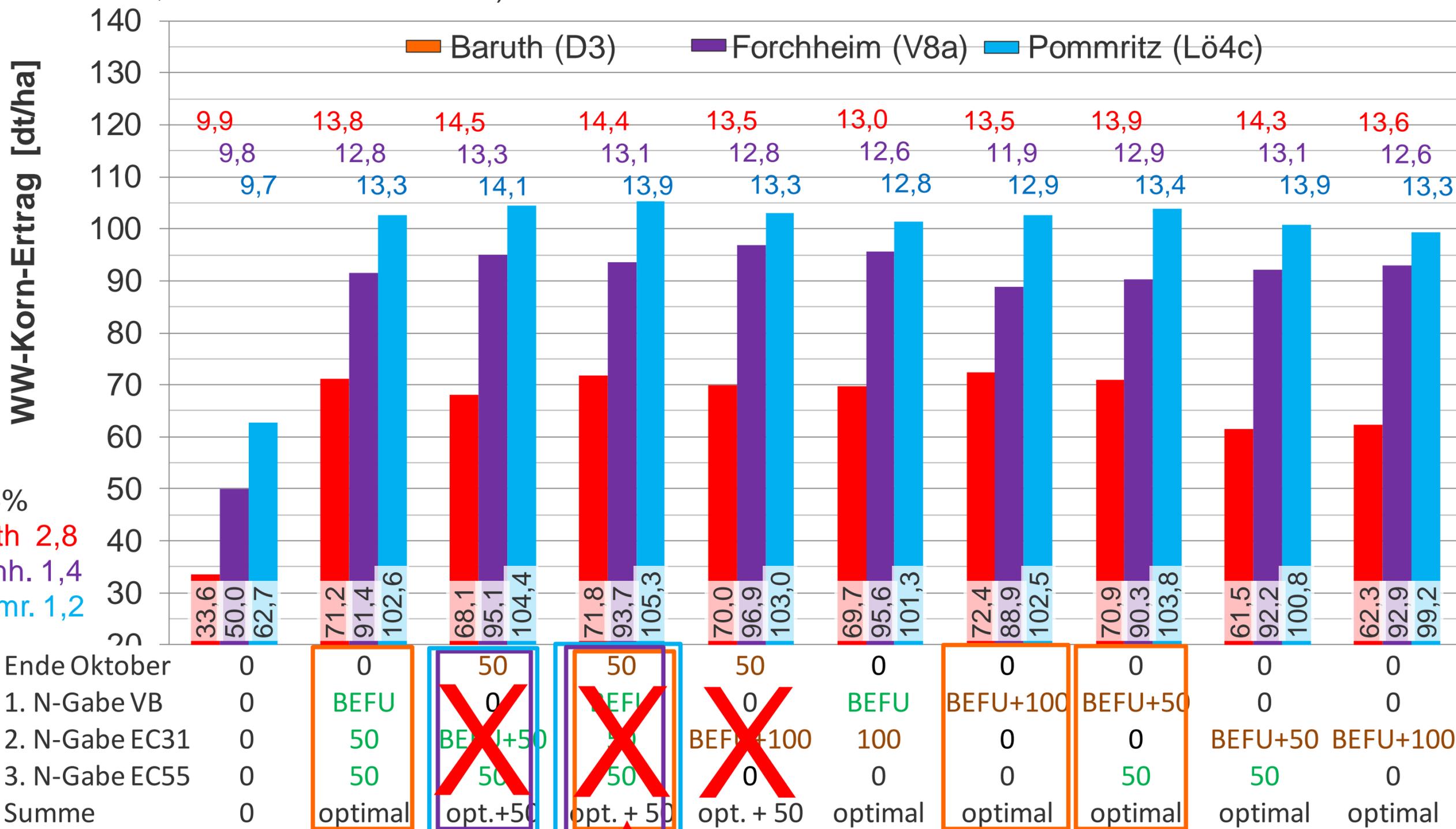
Pommritz, 11.06.2013:

li: 1.u.2. Gabe je 50 kg N als KAS
re: 1.Gabe: 0; 2.Gabe :160 kg N-Injektion

Injektionsdüngung Winterweizen

Wirkung auf Kornertrag und Rohproteingehalt

(3 Standorte, Mittelwerte 2010-2015)



RP %
Baruth
Forchheim



GRÜN = KAS streuen
BRAUN = Injektion
Domamon L26 / ASL
BEFU = Bemessung 1. Gabe
nach sächsischem Düng-
bedarfsprogramm

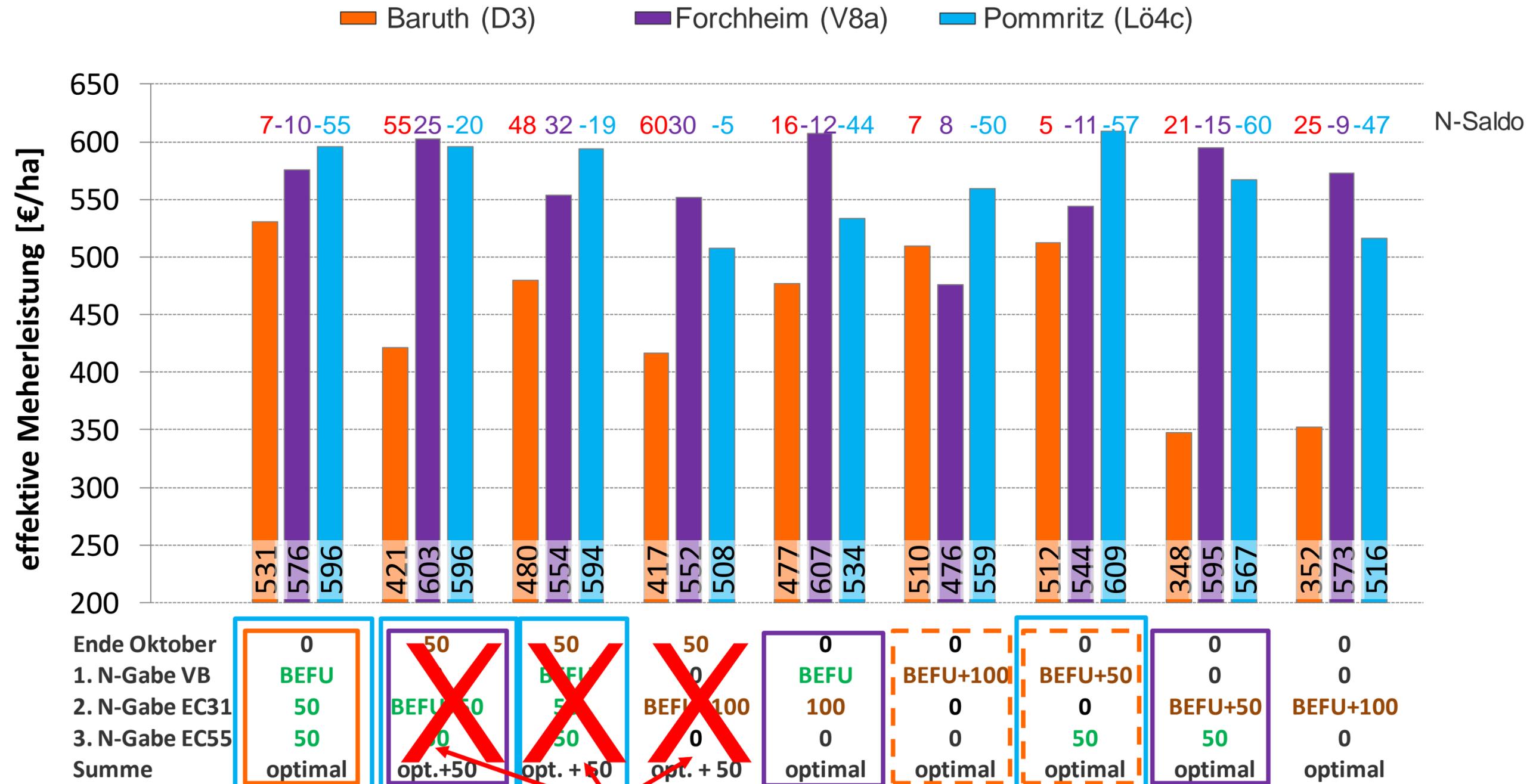
GD 5%
Baruth 2,8
Forchh. 1,4
Pommr. 1,2

nach DüV 2020 nicht mehr möglich

Injektionsdüngung Winterweizen

effektive Mehrleistung (€/ha) gegenüber 0 kg N/ha

(3 Standorte, Mittelwerte 2010-2015)



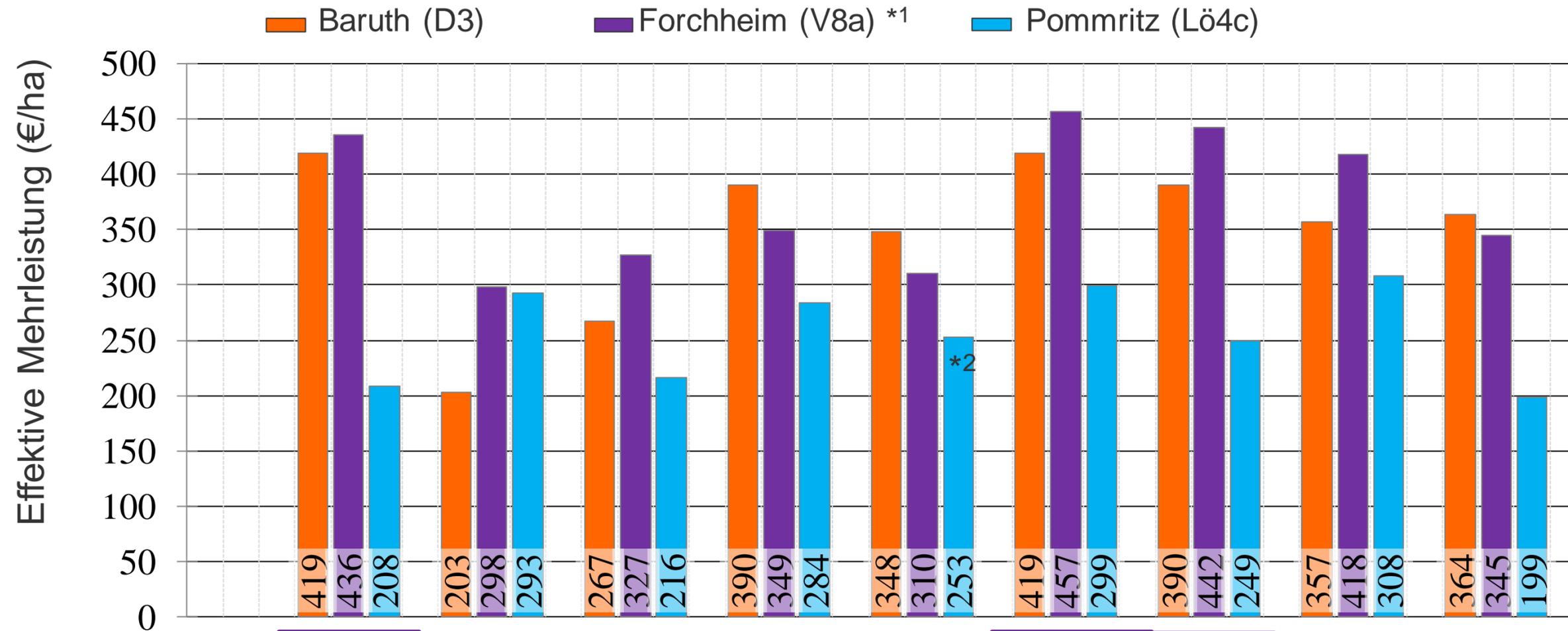
nach DüV 2020
nicht mehr möglich

GRÜN = KAS streuen BRAUN = Injektion Domamon L26 / ASL
BEFU = Bemessung 1. Gabe nach sächsischem Düngedarfsprogramm

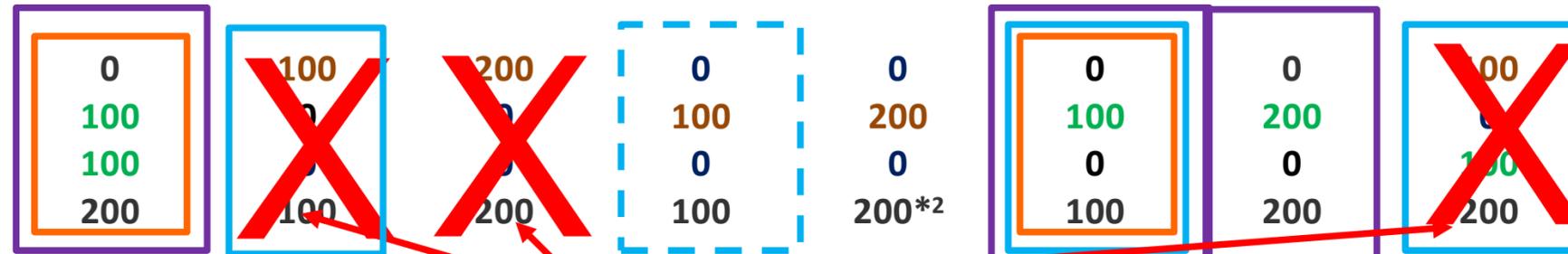
Injektionsdüngung Winterraps

effektive Mehrleistung (€/ha) gegenüber 0 kg N/ha

(3 Standorte, Mittelwerte 2010-2015 *1)



Ende Oktober
1. N-Gabe
2. N-Gabe
Summe



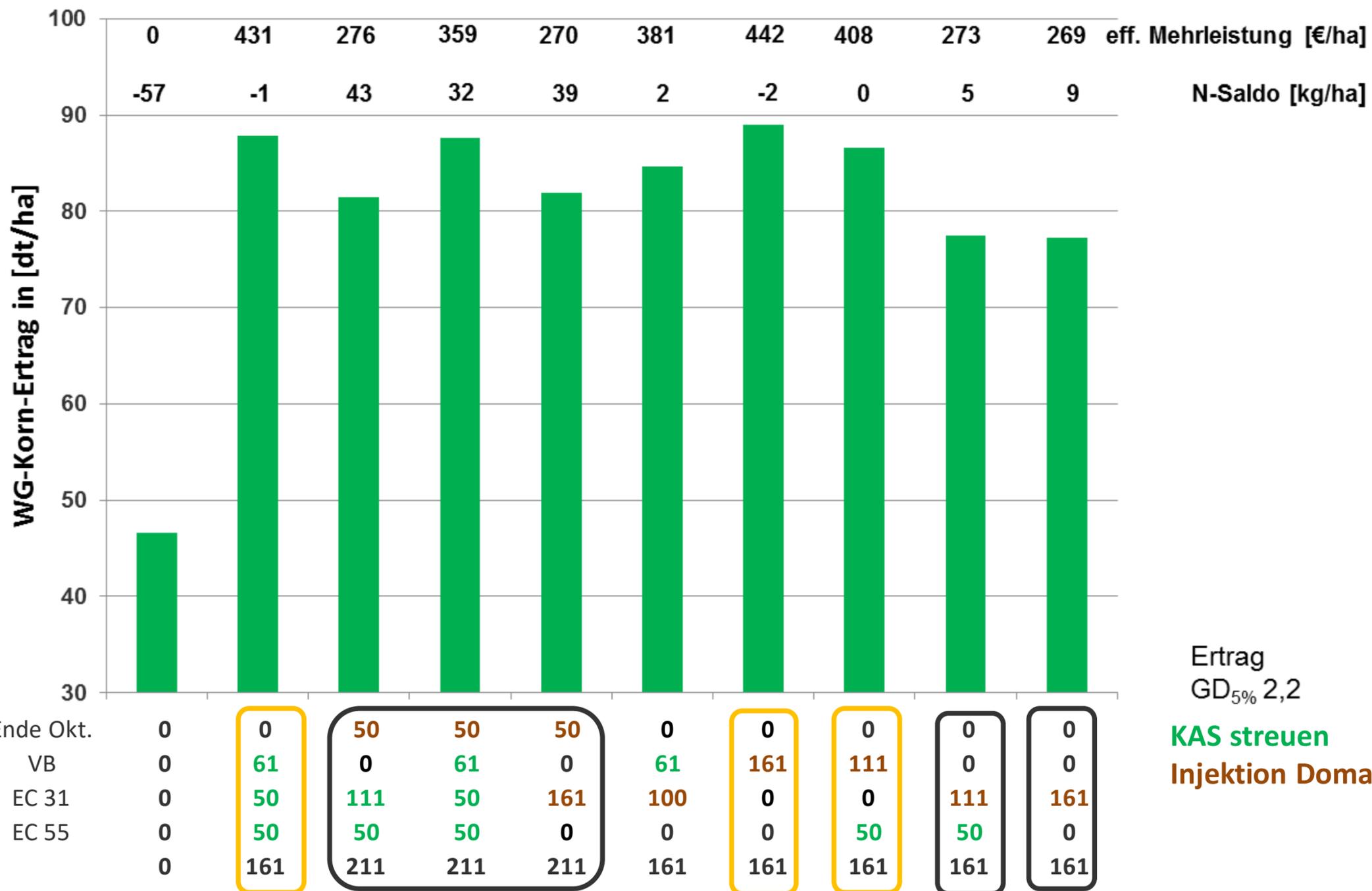
nach DüV 2020
nicht mehr möglich

GRÜN = KAS streuen BRAUN = Injektion Domamon L26 / ASL
*1 = Forchheim ohne 2013 (Hagelschaden)
*2 = Variante in Pommritz ohne das sehr gute Jahr 2014 (Versuchsfehler)

Wintergerste mineralische N-Injektionsdüngung

Baruth, D3, IS, Az 32, 2010-2014

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Ertrag
GD_{5%} 2,2
KAS streuen
Injektion Domamon L26 bzw. ASL

Injektionsdüngung

Fazit aus eigenen Untersuchungen

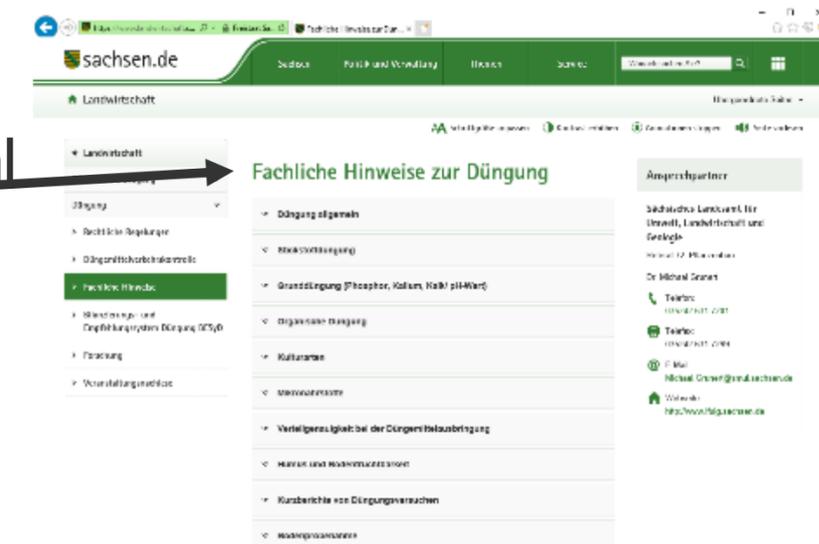
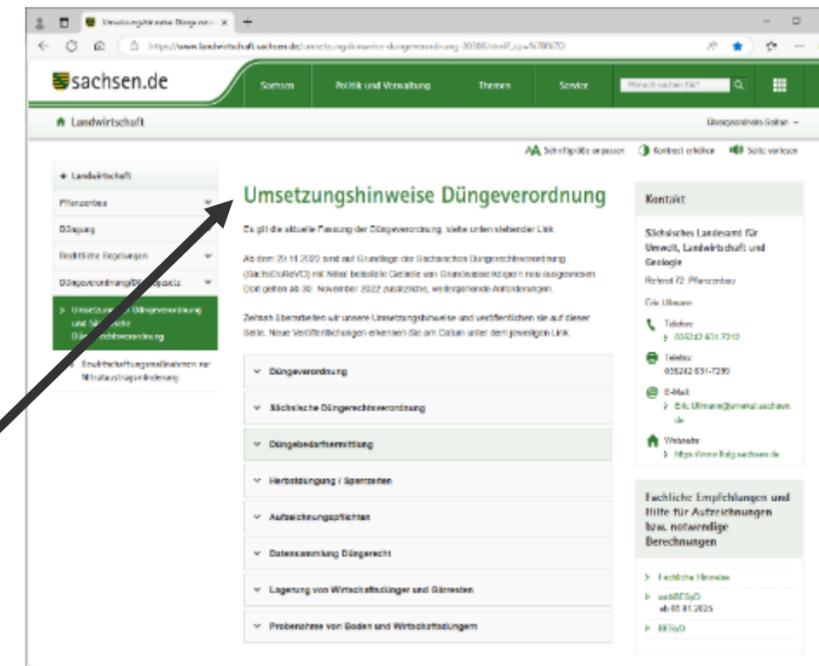
- auf leichtem Sand-Standort lag die Injektionsdüngung zu Winterweizen in einer Gabe zu Vegetationsbeginn ertraglich gleich mit der Standard-N-Verteilung mit drei KAS-Gaben, der Rohproteingehalt lag deutlich geringer
- zu Wintergerste erwies sich eine Einmalgabe per Injektion im Frühjahr als konkurrenzfähig
- auf Lehm- und feuchterem Verwitterungsboden bestanden keine Ertragsunterschiede zwischen einmaliger N-Injektion und drei KAS-Gaben, jedoch waren auch hier deutlich geringere Rohproteingehalte zu verzeichnen, dies verbesserte sich erst in Kombination mit einer Spät-N-Gabe (KAS)
- späte Düngungstermine zu EC 31 führten auf dem leichten D-Standort zu Ertragsverlusten und zu keinen Unterschieden auf Lö- und V-Böden
- bei Raps ist eine einmalige Injektion zu Vegetationsbeginn mit vollem N-Aufwand möglich, dem stehen aber insbesondere bei guten Beständen wahrscheinliche Schäden an den Pflanzen entgegen
- fachliche Ablehnung hoher N-Gaben bereits im Herbst, mit DüV 2017 und 2020 auch nicht mehr möglich



Informationen zur Düngung

Es gilt die novellierte Düngeverordnung.
Seit dem 30.11.2022 gilt die Sächsische Düngerechtsverordnung vom 15.11.2022.
Bitte beachten Sie, dass teilweise Bundesland-spezifische Regelungen gelten.
Bitte nutzen Sie das Informationsangebot des LfULG:

- Düngung: <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/duengung-20165.html>
- Zentrale Bedeutung: Umsetzungshinweise DüV und SächsDüReVO:
<https://www.landwirtschaft.sachsen.de/umsetzungshinweise-dungeverordnung-20300.html>
NEU: Schlagwortliste mit Links zu Inhalten der Hinweisblätter
- StoffBilV: Bleibt uns leider erstmal erhalten!
<https://www.landwirtschaft.sachsen.de/stoffstrombilanzverordnung-20315.html>
- webBESyD: <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/webbesyd.html>
- BESyD: <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/besyd>
- fachliche Hinweise: <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/fachliche-hinweise-45263.html>
 - 10 Themenbereiche, darunter u.a.:
 - „Handlungsoptionen zur Verbesserung der N-Effizienz mit Blick auf die DüV“
 - Bewirtschaftungsmaßnahmen zur Nitrataustragsminderung



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Foto: Grunert, LfULG

Dr. Michael Grunert (035242) 631-7201 michael.grunert@lfulg.sachsen.de