

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

2. ausgewogene Pflanzenernährung

März 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 (= vorliegender Teil)
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
9. Nährstoffplatzierung
10. exakte Ausbringung von Düngemitteln
11. teilschlagspezifische Düngung
12. schlagspezifische Nährstoffbilanzierung
13. angepasste optimale Fruchtartenabfolge und Sortenwahl
14. Erosion verhindern
15.

Ausgewogenheit der Nährstoffversorgung

wesentlich für Ertragsbildung und Qualität sind u.a.:

- Mengenelemente (N, K, Ca, Mg, P, S)
- Spurenelemente (Fe, Zn, Cu, Mn, Mo, B, Cl ...)

Ziel: - optimales Angebot jedes Nährstoffs in Menge, Zeitpunkt und Verfügbarkeit
- insgesamt Ausgewogenheit des Nährstoffangebots

dabei u.a. zu beachten:

- erheblich unterschiedliche Nährstoffansprüche der Kulturarten
- differenzierte Fähigkeit der verschiedenen Böden, Nährstoffe zu speichern und den Pflanzen zur Verfügung zu stellen oder auch zu fixieren
- jeweilige Witterungsbedingungen

Mangel oder Überschuss eines Nährstoffs kann führen zu:

- geringeren Erträgen und/oder Qualitäten
- schlechterer Verfügbarkeit und/oder Ausnutzung anderer Nährstoffe
- unausgeglichenen Elementgehalten und -bilanzen
- negativer Wirkung auf Umwelt, Boden, Wirtschaftlichkeit

Steuerung über:

- organische, mineralische Düngung
- Fruchtfolge ...



Foto: Grunert, LfULG

Bild: Liebig-Tonne,
begrenzender Faktor
in diesem Fall: Kalium

Bild: N-Steigerungsversuch Weizen
(alle anderen Faktoren optimal: (P, K, pH, Sorte, PS ...)

Foto: Grunert, LfULG



Grundnährstoffdüngung P, K, Mg

Ziel: optimale Nährstoffversorgung der Pflanzen

- für P, K, Mg wurden jeweils Gehaltsklassen nach den verfügbaren Gehalten im Boden festgelegt
- optimal und anzustreben ist die Gehaltsklasse C, in dieser wird in Höhe des Entzuges der Ernteprodukte gedüngt
- in den unterversorgten Gehaltsklassen A und B werden Zuschläge empfohlen
- in der Gehaltsklasse D erfolgt ein Abschlag, in der höchsten Gehaltsklasse E keine Düngung mit dem betreffenden Element
- Gehaltsklassen, Zu- und Abschläge für P auf der folgenden Abbildung
- weitere Verbesserungsmöglichkeiten (Platzierung, precision farming ...): siehe andere Punkte des Infomaterials

- => ausreichende Bereitstellung von P, K, Mg ist eine Voraussetzung für das Erreichen
- von Zielertrag und Produktqualität
 - optimaler N-Effizienz
 - Wirtschaftlichkeit des Anbaus



Fotos: Grunert, LfULG



Grundnährstoffversorgung sächsischer Ackerflächen (Ø 2015-2018, 11.859 Proben mit 105.704 ha)

Gehalts- klasse	Flächenanteile (%) und Trend in Gehalts- u. pH-Klassen				
	A sehr niedrig	B niedrig	C optimal	D hoch	E sehr hoch
P	11,1 ↗	41,7 ↗	25,5 ↓	13,8 ↘	7,9 →
K	5,5 ↗	21,5 →	30,7 ↘	28,0 →	14,3 ↗
Mg	0,8 →	4,3 ↘	7,4 ↘	18,7 ↘	68,8 ↑
pH	2,6 →	26,2 ↘	57,4 ↗	11,1 →	2,7 →



Foto: Grunert, LfULG

Trend:

- ↘ sinkend
- ↓ stark sinkend
- gleichbleibend
- ↗ steigend
- ↑ stark steigend

53 % der Ackerflächen mit P-Unterversorgung, weiter steigend
 27 % der Ackerflächen mit K-Unterversorgung, weiter steigend
**=> deutliche Mindererträge zu erwarten; erhebliche Reserven,
 erhebliches Optimierungspotential mit Sicht auf N-Effizienz !**

größtenteils Mg-Übersorgung (wahrscheinlich durch Mg-haltige Kalke)
 57 % der Ackerflächen mit optimalem pH, weiter zunehmend

P-Mangel auf einem Praxisschlag mit Mais



Foto: Grunert, LfULG

Nach erfolgter Gärrest-Düngung!
=> P aus organischen Düngemitteln wirkt langsam
Einsatz zur P-Grundversorgung
nicht geeignet als schnelle Maßnahme zur „Reparatur“



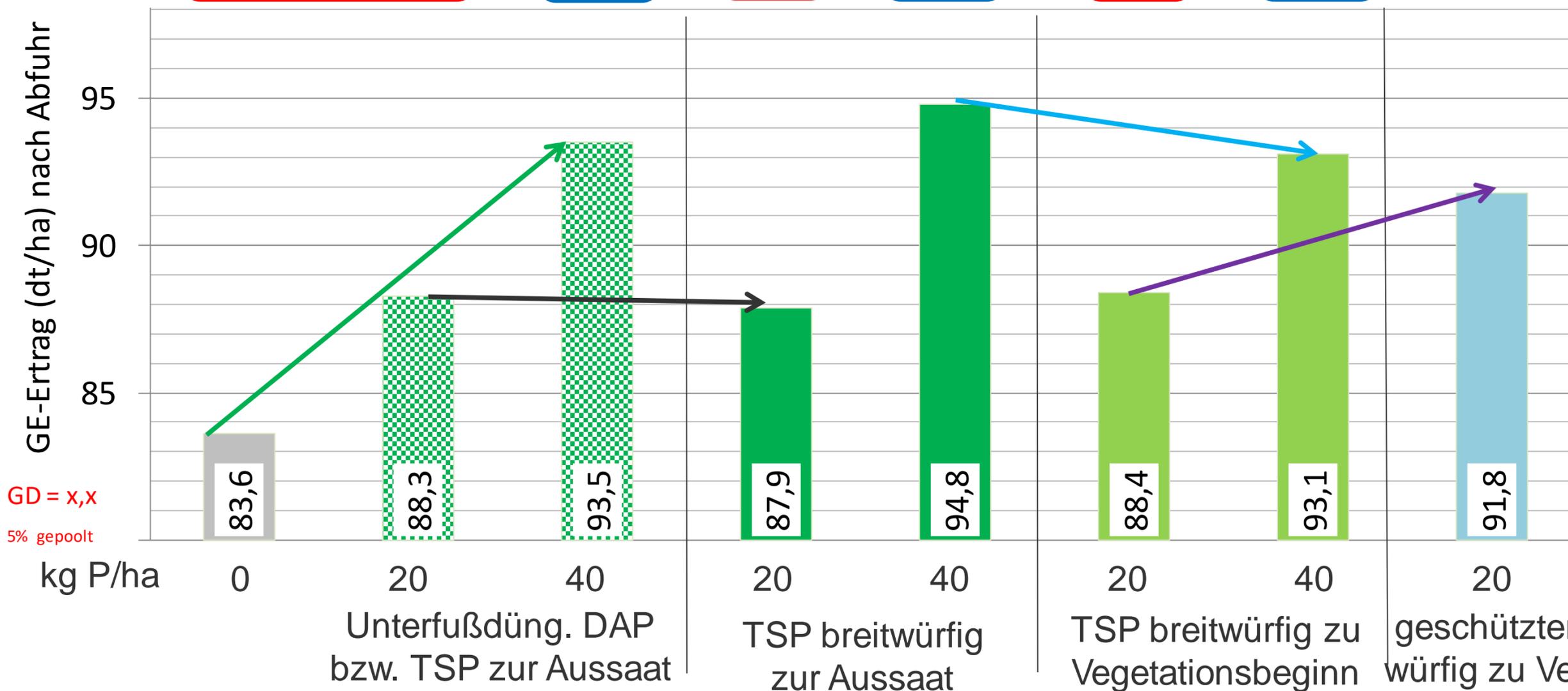
Foto: Grunert, LfULG

Wirkung differenzierter P-Düngung auf Ertrag und N-Bilanz einer Fruchtfolge und den verfügbaren P-Gehalt

Forchheim, V, sL, P_{CAL} vor Anlage: 2,6 mg/100g Boden (B⁻), Dauerversuch, n=4
Ø 2011-2023 Fruchtfolge: SoGerste-WRaps-WWeizen-WGerste-WWeizen

20 kg P/ha*a => +5 dt GE/ha*a
40 kg P/ha*a => +10 dt GE/ha*a

P-Saldo kg/ha	-23,0	-5,6	13,3	-4,6	12,8	-4,8	13,1	-5,7
P _{CAL} in 2023	1,6 B	2,1 B	2,9 B	2,1 B	3,0 B	1,9 B	5,4 C	2,9 B



GD = x,x
5% gepoolt

steigende P_{CAL}-Werte
mit positivem P-Saldo

sinkende P_{CAL}-Werte
mit negativer P-Bilanz

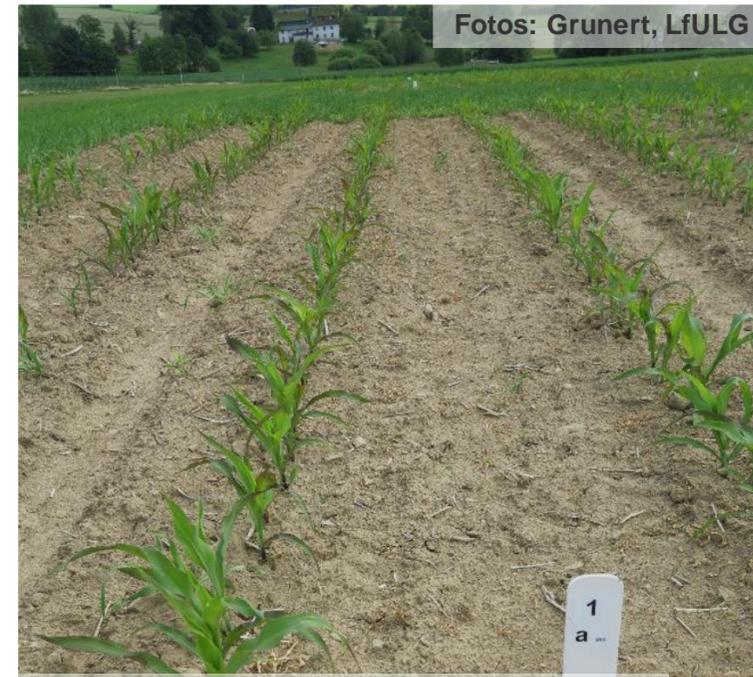
N-Bilanz-Verbesserung
um ca. -20 kg N/ha*a
nur durch P-Düngung

breitwürfig - Platzierung
ca. gleiche Wirkung

P-Düngung zur Aussaat
bei höherer Gabe besser

geschützter P-Dünger:
bessere Wirkung

P-Düngung, Dauerversuch Forchheim



Fotos: Grunert, LfULG

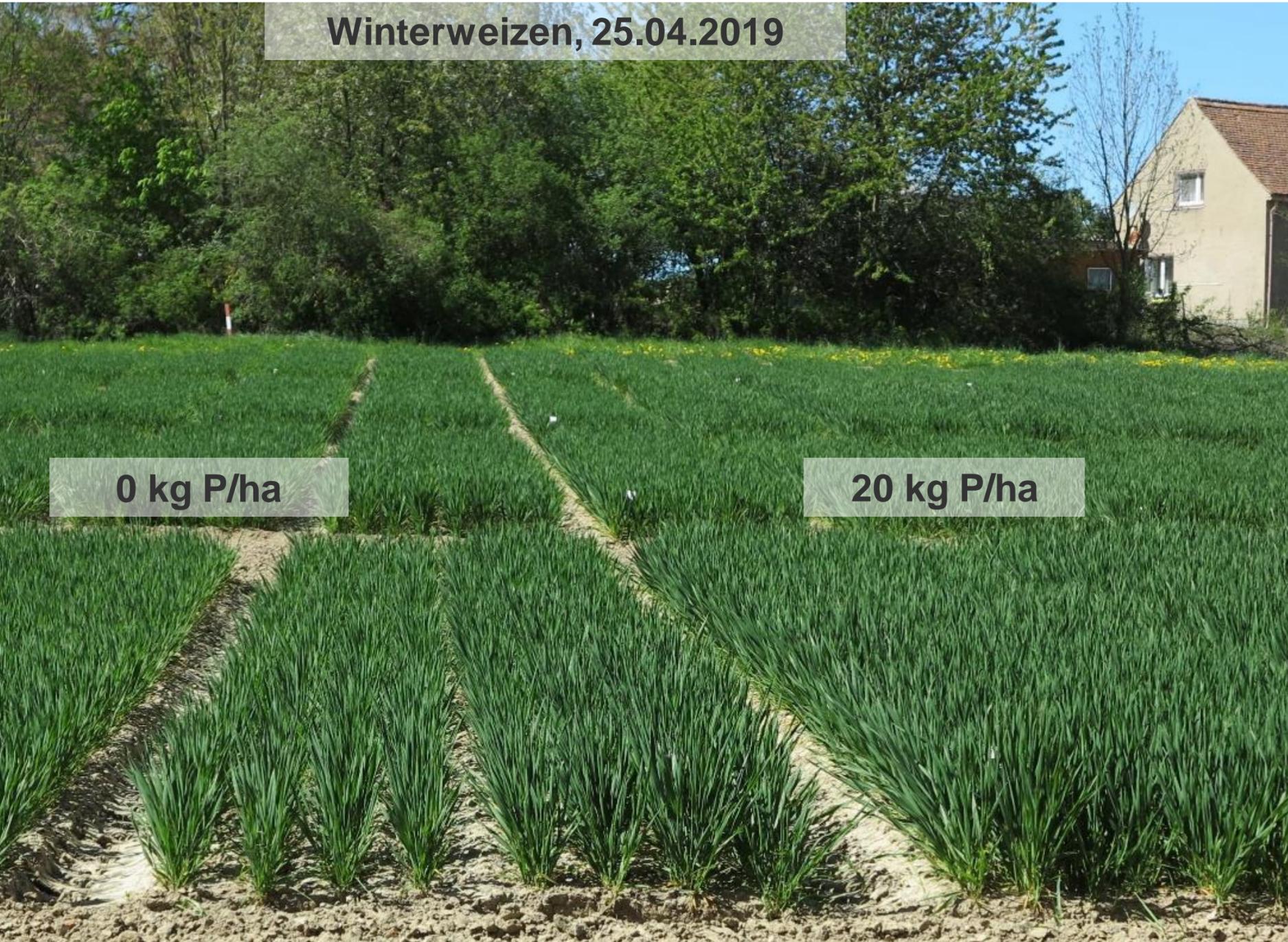
40 kg P/ha

Silomais 15.06.2017

0 kg P/ha

P-Düngewirkung, Dauerversuch Pommritz

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Wirkung differenzierter P-Düngung auf den Ertrag von Winterraps und die N-Bilanz

Pommritz, Lö, sL, AZ 57, P_{CAL} vor Anlage: 1,6 mg/100g Boden (A), Dauerversuch
Ø 2012+2015+2018+2021 (Dauerversuch mit Fruchtfolge: Wintergerste-Winterraps-Winterweizen)

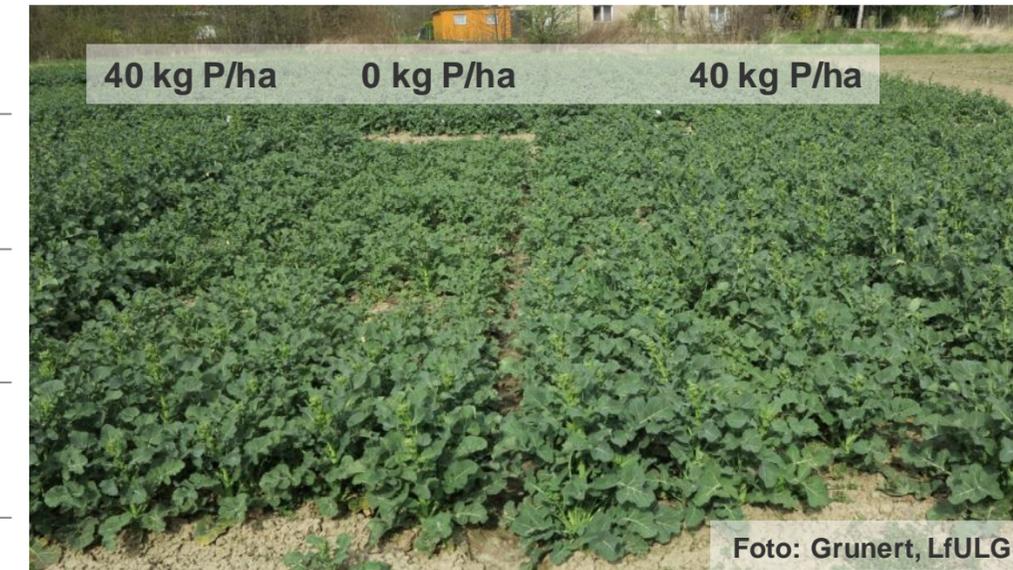
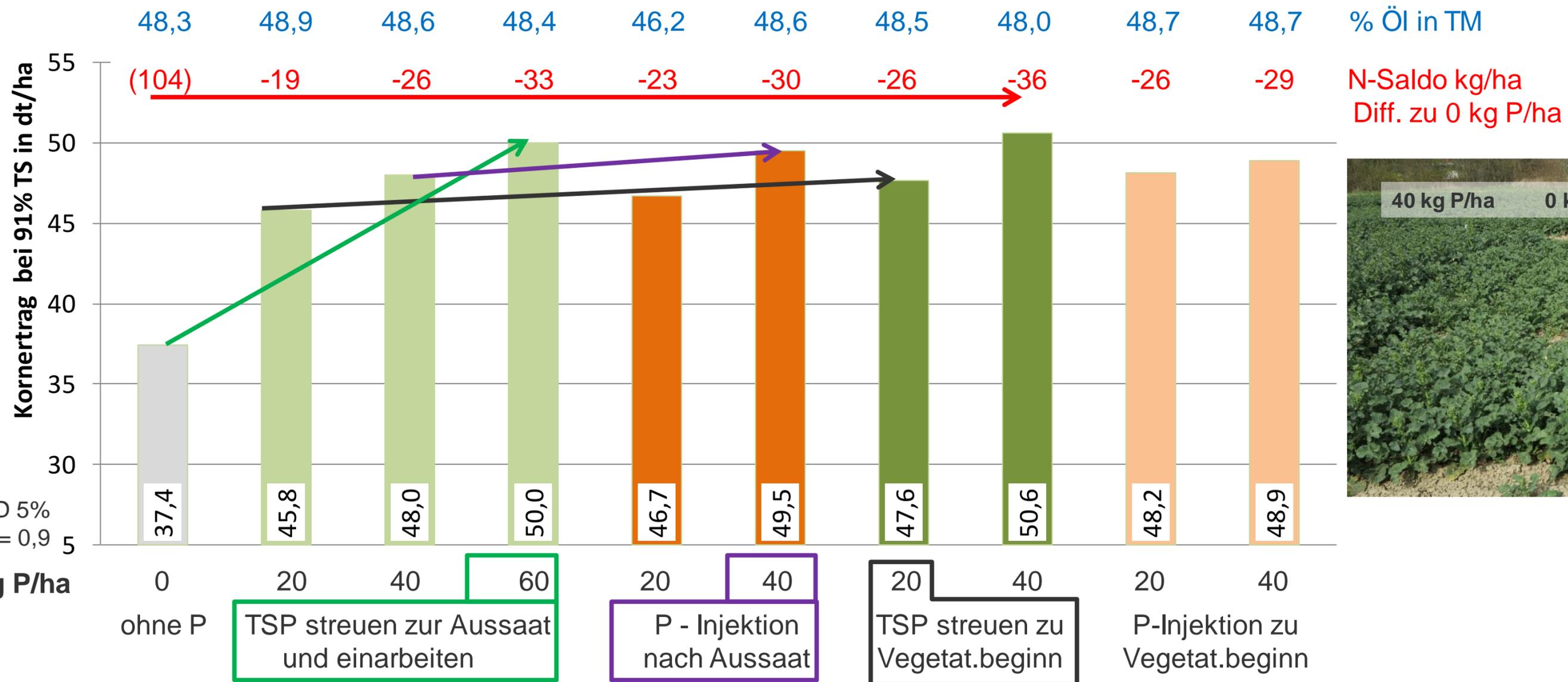
+12,6 dt /ha
durch 60 kg P/ha

kein Einfluss
auf den Ölgehalt

Absenkung der N-Bilanz um 19 bis 36
kg N/ha nur durch P-Düngung

P-Ausbringung zu Vegetat.beginn
ist bei geringer P-Menge besser

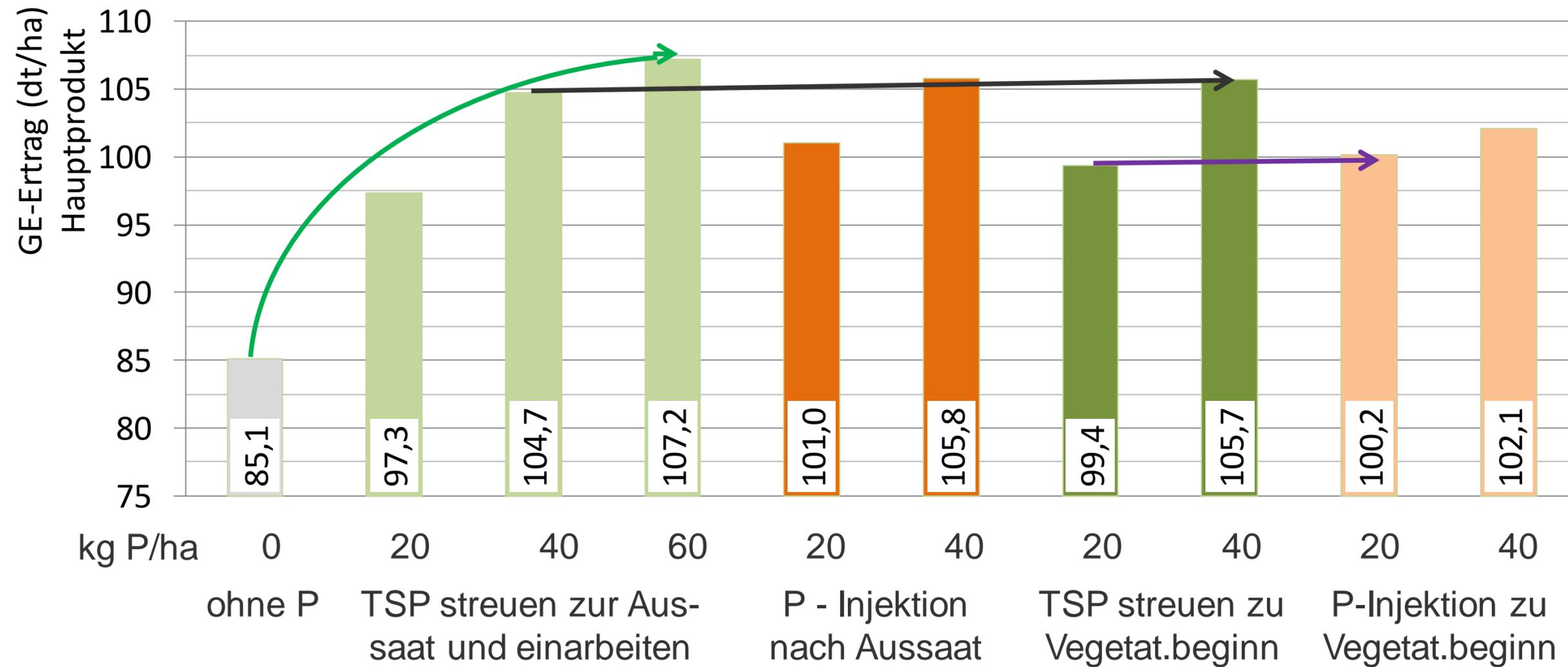
positive Wirkung der P-Injektion
bei Ausbringung zur Aussaat



Wirkung differenzierter P-Düngung auf Ertrag, N-Bilanz und P-Bilanz in einer Fruchtfolge

Pommritz, Lö, sL, AZ 57, P_{CAL} vor Anlage: 1,6 mg/100g Boden (A), Dauerversuch
Ø 2011-22 Fruchtfolge: Wintergerste - Wintererbsen - Winterweizen

P-Saldo kg/ha	-17	0	17	35	-2	16	-2	15	-2	17
N-Saldo kg/ha	23	9	-5	-6	0	-3	5	-6	5	4



19,6 dt GE/ha*a
Ertragssteigerung
nur durch P-Düngung

positive P-Bilanz mit
steigender P-Düngung
(Aufdüngung, auch
steigende P_{CAL} -Werte)

-29 kg N-Bilanz
nur durch P-Düngung

P-Ausbringung zur
Aussaat nur bei moderater
P-Menge besser

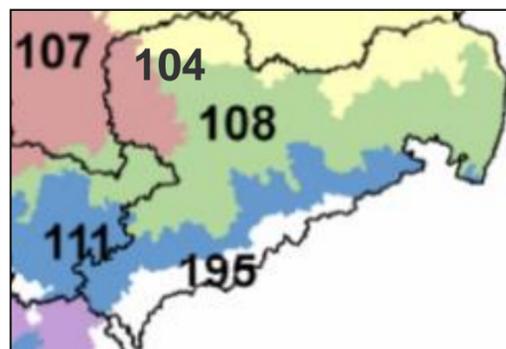
P-Injektion bei geringer
P-Gabe wie TSP

P-Düngung lohnt auch
unter aktuellen Kosten-/
Erlös-Bedingungen

P-Düngebedarfsermittlung nach Düngeverordnung

- $\leq 8,72$ mg P_{CAL} / 100 g Boden:
 - P-Düngebedarf ergibt sich in Abhängigkeit des P-Bedarfes der Kulturen, Standortbedingungen, Erträge
 - der verfügbaren P-Bodengehalte sowie der damit erfassten P-Festlegung
- $> 8,72$ mg P_{CAL} / 100 g Boden:
 - nach DüV kann P-Düngung bis in Höhe der voraussichtlichen P-Abfuhr für max. 3 Jahre
- P-DBE vor der Aufbringung wie folgt:
 - jährlich oder im Rahmen der Fruchtfolge für max. 6 Jahre ($> 8,72$ mg P_{CAL} / 100 g Boden nur 3 Jahre)
 - Nährstoffbedarf für jede Kultur (Haupt- und Zwischenfrüchte) wird ermittelt
(Zielertrag abzufahrende Haupternteprodukte x P-Gehalt + abgefahrene Nebenprodukte = P-Düngebedarf)
 - im weiteren können Zuschläge in kg P/ha erfolgen, für die keine verbindlichen Vorgaben bestehen
 - es können die Empfehlungen des LfULG für jährliche Zuschläge genutzt werden (siehe Tabelle)

Boden-Klima-
Räume
in Sachsen



Ge- halts- klasse	P-Bodengehalt in mg P-(CAL) / 100 g Boden		Zu- bzw. Abschlag in kg P / ha und Jahr	
	Boden-Klima-Räume 111, 195	Boden-Klima-Räume 104, 107, 108 (Trockengebiete)	Ackerland	Grünland
A	$\leq 1,5$	$\leq 2,5$	+ 25	+ 20
B	$> 1,5 - 3,0$	$> 2,5 - 5,0$	+ 15	+ 10
C	$> 3,0 - 6,0$	$> 5,0 - 7,5$	0	0
D	$> 6,0 - 10,0$	$> 7,5 - 10,0$	0	0
E	$> 10,0$	$> 10,0$	0	0

Fachlich erweiterte P-Düngebedarfsermittlung

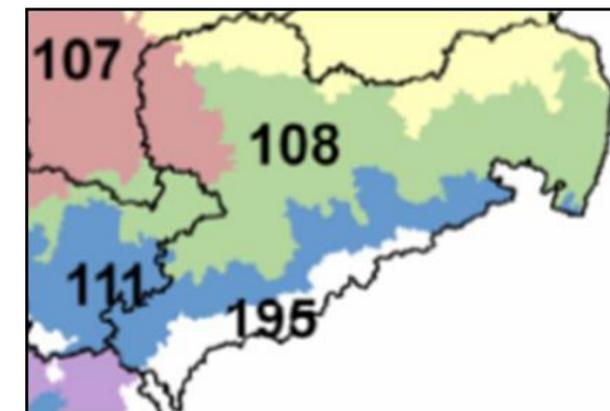
Es werden folgende Faktoren berücksichtigt:

1. Ergebnis der schlagspezifischen Beprobung und Analyse auf den Gehalt an pflanzenverfügbarem P_{CAL} (P_{DL})
2. Eingruppierung des Schlages an Hand dieses Ergebnisses in eine Gehaltsklasse
3. im Berechnungszeitraum angebaute Kulturarten incl. Zwischenfrüchte mit Zielertrag
4. P-Gehalte von Haupt- und Nebenprodukten
5. Nachlieferung der Vorfrucht (auf der Fläche verbleibende Produkte)

Zu 2.: P_{CAL} -Bodengehaltsklassen, jährli. Zu-/Abschläge fachlich erweiterte P-DBE:

Gehalts- klasse	Gehalt an verfügbarem P	P-Bodengehalt in mg P-(CAL) / 100 g Boden		jährlicher Zu- / Abschlag in kg P / ha * a	
		Boden-Klima- Räume 111, 195	Boden-Klima-Räume 104, 107, 108 (Trockengebiete)	Ackerland	Grünland
A	sehr niedrig	≤ 1,5	≤ 2,5	+ 25	+ 20
B	niedrig	> 1,5 - 3,0	> 2,5 - 5,0	+ 15	+ 10
C	optimal	> 3,0 - 6,0	> 5,0 - 7,5	0	0
D	hoch	> 6,0 - 10,0	> 7,5 - 10,0	-25	-20
E	sehr hoch	> 10,0	> 10,0	keine P-Düngung empfohlen	

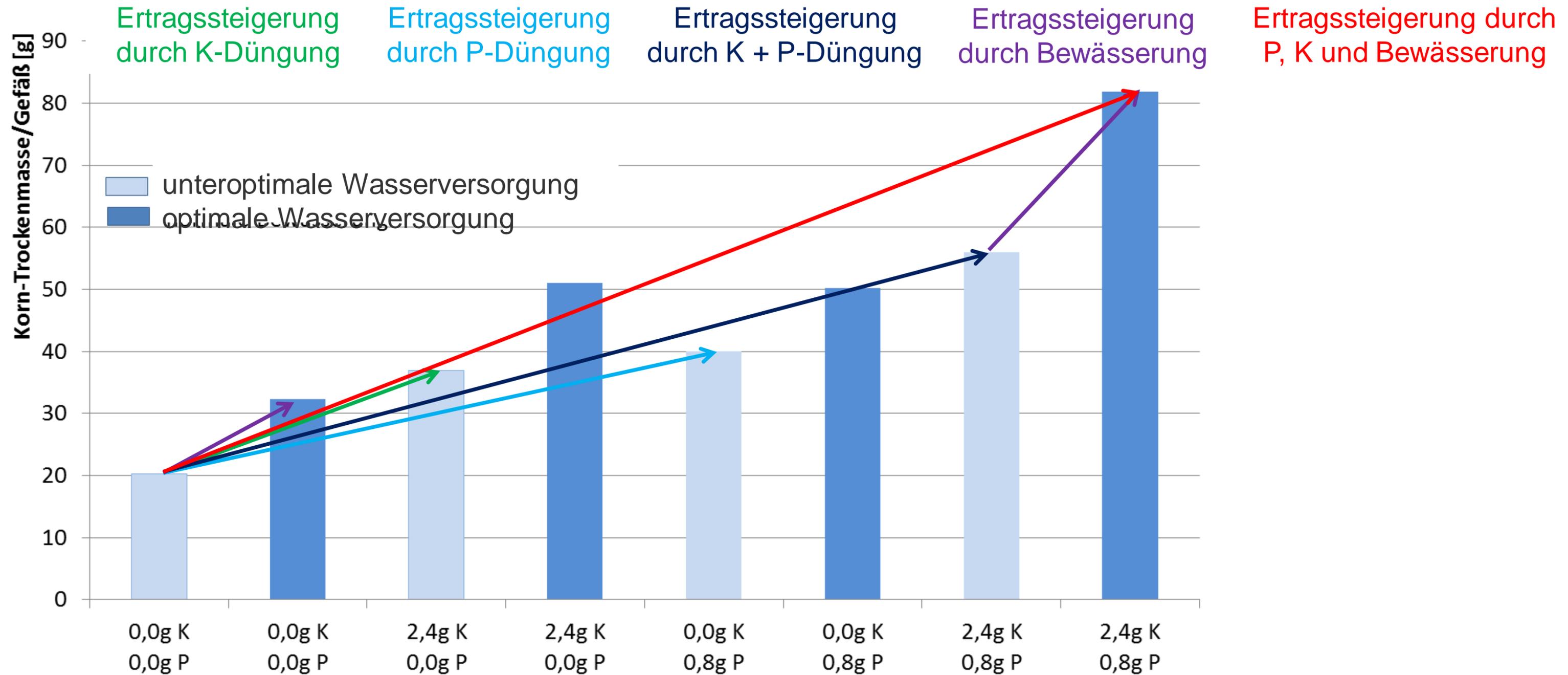
Boden-Klima-
Räume
in Sachsen



Hinweise zur P-Dünge-
bedarfsermittlung
finden Sie hier unter
„Düngebedarfsermittlung“:

Wirkung einer P/K-Düngung auf den Ertrag von Sommergerste

Gefäßversuch, Nossen, Ø 2013 und 2014, n=4



Kalium-Düngung, Wirkung im Dauerversuch

Forchheim: V8a, SI3, Az33, FF: WW - WG - Raps+Zw.frucht - SG – Kart, **bei Anlage GK B**

Pommritz: Lö4c, Ut3, AZ61, FF: WW - WG - Raps+Zw.frucht - Mais – Kart, **bei Anlage K-Gehaltsklasse D**

PG	K-Düngung [kg/ha]	Ertrag GE Abfuhr [dt/ha] 2016 - 2020		K-Saldo Abfuhr [kg/ha] 2016 - 2020		K _{CAL} n. d. Ernte 2020 [mg/100g]	
		Forchheim	Pommritz	Forchheim	Pommritz	Forchheim Anlage: GK B	Pommritz Anlage: GK D
1	0	84,0	89,3	-58,8	-99,6	1,6 A	6,5 B
2	60	93,2	91,0	-11,7	-44,6	4,8 B	8,9 B
3	120	92,9	91,9	34,3	2,3	15,7 D	13,3 C
4	180	91,2	90,5	101,5	59,0	27,8 E	17,3 D
5	240	95,6	89,8	150,5	110,0	33,2 E	21,1 D
GD _{5%} gepoolt		3,7	2,2				

- langjährig differenzierte K-Düngung => starke Abstufung der K_{CAL}-Gehalte (Gehaltsklasse A bis E bzw. B bis D)
- stärkere Ertrags-Differenzierung auf flachgründigem Gneisverwitterungsboden (Forchheim, Start: Geh.Klasse B)
- tiefgründiger Löss-Standort in Pommritz: auf Grund der hohen Ausgangsversorgung (GK D) und des hohen Nachlieferungspotenzials erst in letzten Jahren K-bedingte Ertragseffekte, deutlich verschlechterte K-Gehalte
- K-Gehalte in sächsischen Böden zuletzt abnehmend! **Bedeutung K steigt mit zunehmenden Trockenphasen!**

Kalium-Düngung, Wirkung im Dauerversuch

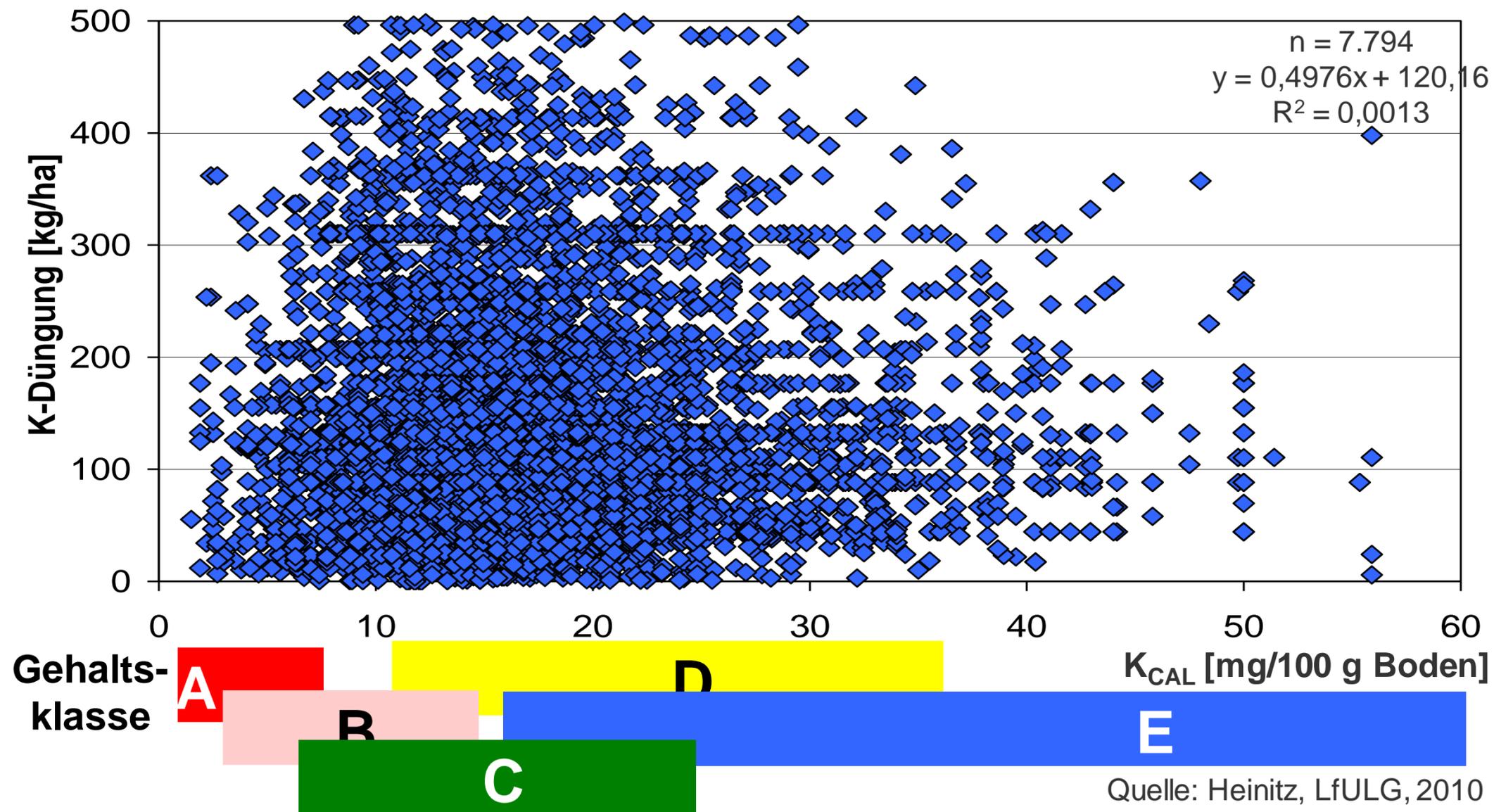
mit Prüfung differenzierter Bodenbearbeitung

Baruth: D3, IS, AZ32, aktuelle FF: WRo - WRa – WG – SM, bei Anlage K-Gehaltsklasse C

K-Düngung [kg/ha]	2008 – 2020		2008 – 2020		2020	
	GE-Ertrag Abfuhr [dt/ha]		K-Entzug [kg/ha]		K _{CAL} nach Ernte [mg/100g]	
	konservierend	wendend	konservierend	wendend	konservierend	wendend
0	101,7	97,5	103,1	97,2	6,24 B	3,28 A
60	104,1	100,1	113,9	105,3	8,96 C	6,28 B
120	105,9	101,6	119,8	115,1	13,86 D	7,34 B
180	106,5	102,7	126,0	122,9	19,80 E	9,72 C
240	105,5	102,4	126,0	121,7	26,10 E	15,86 D
GD 5% gepoolt	1,1	0,9				

- nach 13 Jahren deutliche Spreizung der K_{CAL}-Gehalte in 0 - 20 cm Bodentiefe, insb. bei konservierender BB, unterlassene K-Düngung führt (ausgehend von Gehaltsklasse C) zu Abreicherung bis in Gehaltsklasse A, überoptimale Düngung zum Anstieg der Bodengehalte bis in Gehaltsklasse D und E
- deutlicher signifikanter Ertragszuwachs durch K-Düngung
- K-Entzüge steigen mit K-Düngung deutlicher als GE-Erträge, die K-Gehalte in Pflanzen nehmen zu
- K-Gehalte in sächsischen Böden zuletzt abnehmend! **Bedeutung K steigt mit zunehmenden Trockenphasen!**

organische K-Düngung in Abhängigkeit von verfügbaren K-Gehalten des Bodens (Ergebnisse von sächsischen Praxisflächen)



=> organische Düngung erfolgt weitestgehend unabhängig von K-Gehaltsklasse (z.B. auch in E)
=> die teilweise geringen im Betrieb verfügbaren K-Düngemittel werden schlecht verteilt,
die Wirksamkeit damit eingeschränkt – für P trifft dies ebenso zu

pH-Wert und Kalkung

Bodenversauerung entsteht durch:

- Auswaschung und Neutralisation der im Boden vorhandenen u. gebildeten Säuren
- organische Düngung
- Anwendung physiologisch sauer wirkender Düngemittel (AHL, AS, ...)

optimaler pH-Wert des Bodens ist Voraussetzung:

- für erfolgreichen Pflanzenbau
- für optimale Nährstoffeffizienz (siehe folgende Abbildung)

Kalkung zur Erreichung des optimalen pH-Bereichs:

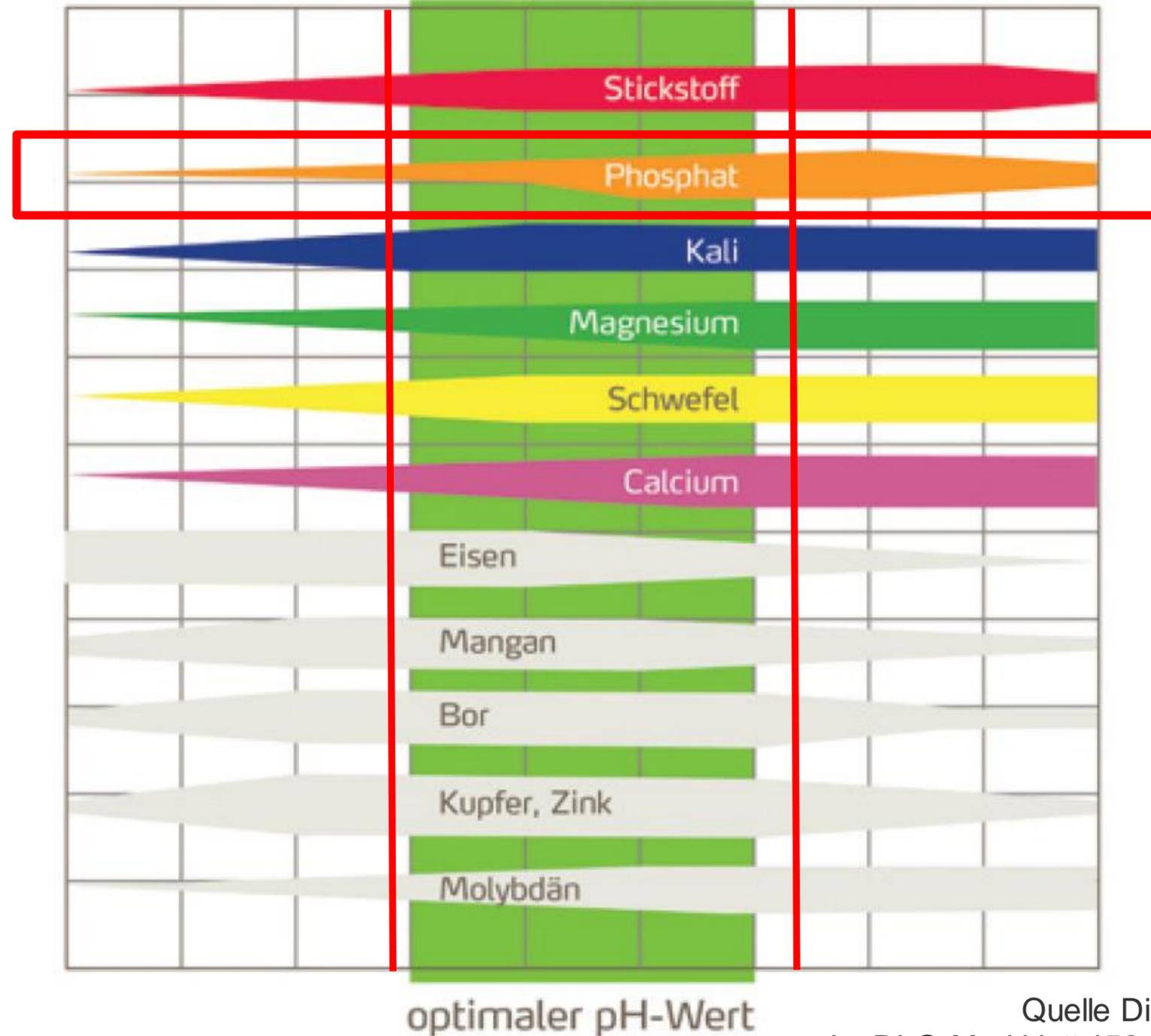
- verbessert Bodenstruktur
- sichert die im Mittel aller Nährstoffe beste Verfügbarkeit
- verhindert hohe Verfügbarkeit toxischer Ionen (z.B. Al^{3+})
- erhöht die biologische Aktivität
- beseitigt Säureschäden

pH-Klassen Ackerland und Höhe der Erhaltungskalkung:
siehe nachfolgende Tabelle



Nährstoffmobilität in Abhängigkeit vom pH-Wert des Bodens

sehr sauer sauer neutral basisch
4,0 4,5 5,0 5,5 6,0 6,5 7,0 7,5 8,0 8,5



Rote Linien: Gehaltsklasse C auf Ackerflächen
bei pH 5,4 - 7,2
(je nach Bodenart bei Humusgehalt $\leq 4\%$)

pH-Wert sächsischer Ackerflächen:

- 29 % darunter
- 17 % darüber
- 54 % optimal



Foto: Grunert, LfULG

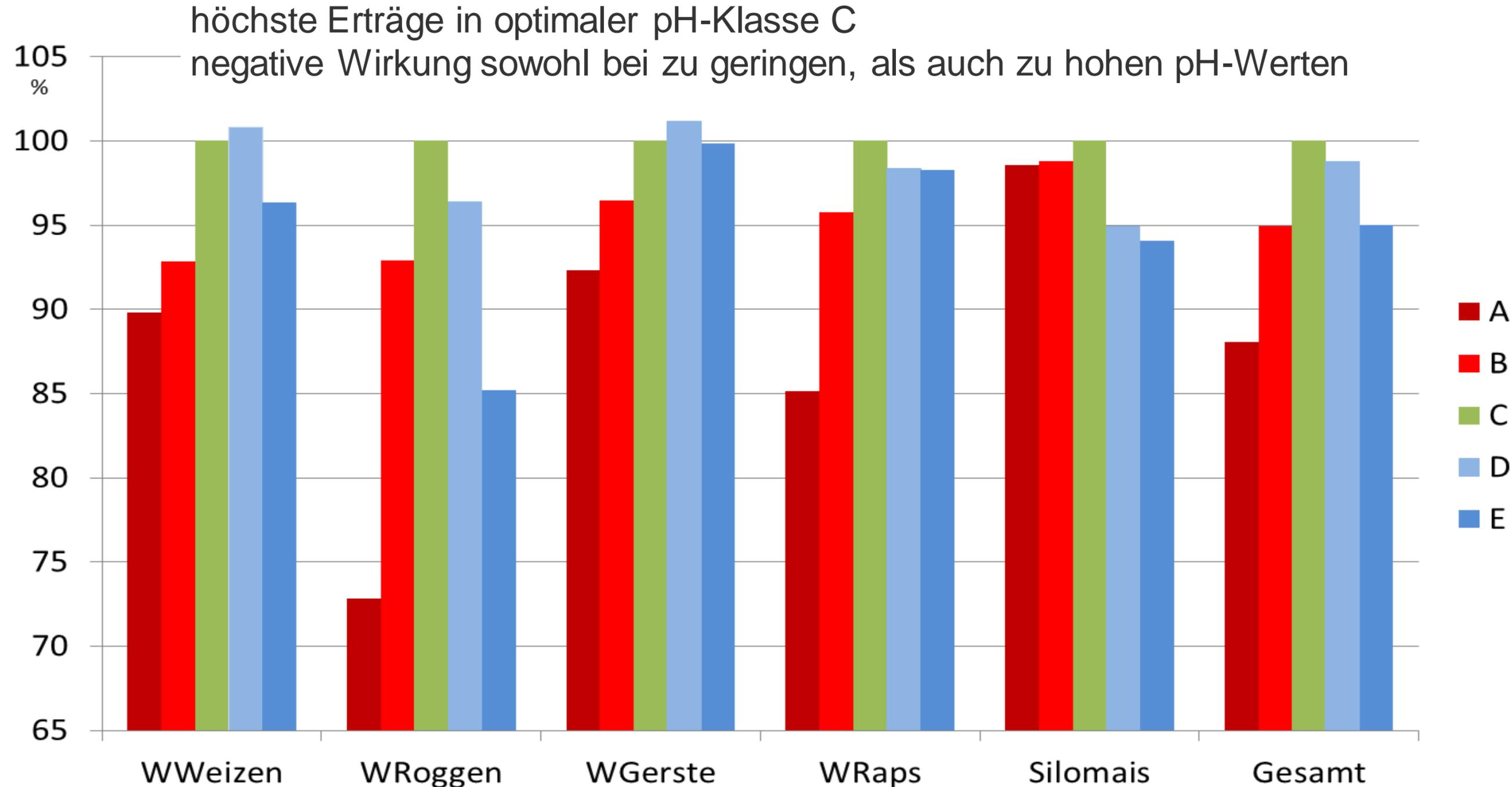
Quelle Diagramm: Yara, 2020

In: DLG-Merkblatt 456 „Hinweise zur Kalkdüngung“, 2022

Ertrag in Abhängigkeit von der pH-Klasse

(17.729 Praxisschläge aus den Jahren 2005, 2008, 2013; pH-Klasse C = 100%)

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



pH-Klassen auf Ackerland und Höhe der Erhaltungskalkung

Bodenartengruppe/vorwiegende Bodenart		Humusgehalt des Bodens (%)				
		≤ 4	4,1 bis 8,0	8,1 bis 15,0	15,1 bis 30	> 30
		pH-Werte der Klasse C und Erhaltungskalkung				
1/Sand	pH-Klasse C dt CaO/ha	5,4 bis 5,8 6	5,0 bis 5,4 5	4,7 bis 5,1 4	4,3 bis 4,7 3	
2/schwach lehmiger Sand	pH-Klasse C dt CaO/ha	5,8 bis 6,3 10	5,4 bis 5,9 9	5,0 bis 5,5 8	4,6 bis 5,1 4	
3/stark lehmiger Sand	pH-Klasse C dt CaO/ha	6,1 bis 6,7 14	5,6 bis 6,2 12	5,2 bis 5,8 10	4,8 bis 5,4 5	
4/sandiger/schluffiger Lehm	pH-Klasse C dt CaO/ha	6,3 bis 7,0 ¹⁾ 17	5,8 bis 6,5 15	5,4 bis 6,1 13	5,0 bis 5,7 6	
5/toniger Lehm bis Ton	pH-Klasse C dt CaO/ha	6,4 bis 7,2 ¹⁾ 20	5,9 bis 6,7 18	5,5 bis 6,3 16	5,1 bis 5,9 7	
6/Hochmoor und saures Niedermoor ²⁾	pH-Klasse C dt CaO/ha					4,3 3)

- 1) auf karbonathaltigen Böden (freier Kalk): keine Erhaltungskalkung
 2) Auf einem Großteil der Niedermooere sind die pH-Werte geogen bedingt > 6,5
 3) keine Erhaltungskalkung

pH-Klasse C
(optimaler Bereich)
auf Ackerland
sowie notwendige
Erhaltungskalkung
(dt CaO/ha)

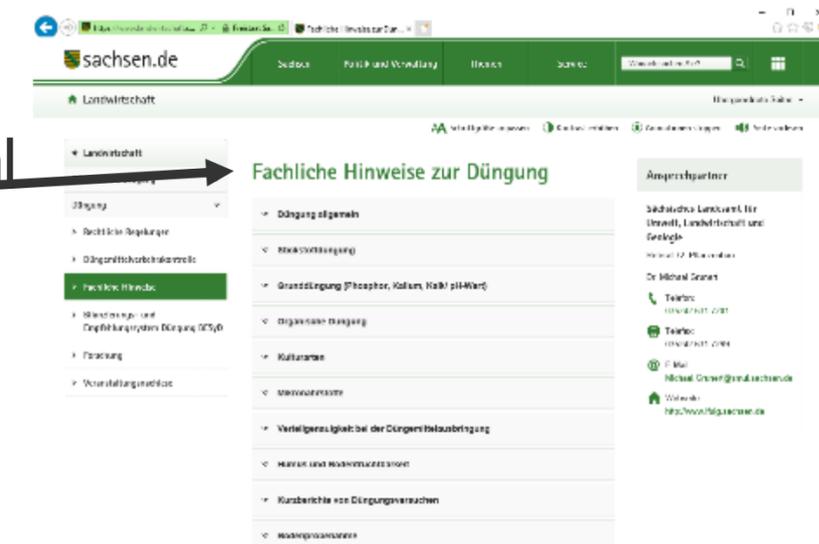
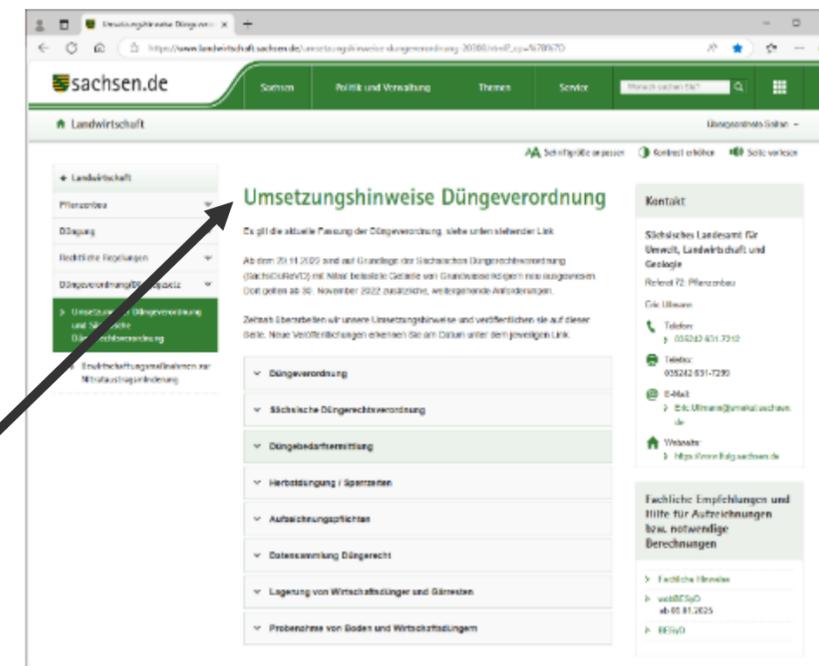
empfohlene Kalk-
mengen beinhalten
den Kalkbedarf für
4 Jahre,
Ausbringung zu
kalkanspruchs-
vollen Kulturen

Quelle: Bestimmung des
Kalkbedarfs von Acker- und
Grünlandböden, VDLUFA, 2000

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@smul.sachsen.de