JenaBios
Beratung . Analytik . Biotechnologie

Verbesserung der N-Effizienz durch eine ausgewogene Pflanzenernährung

N. Otto

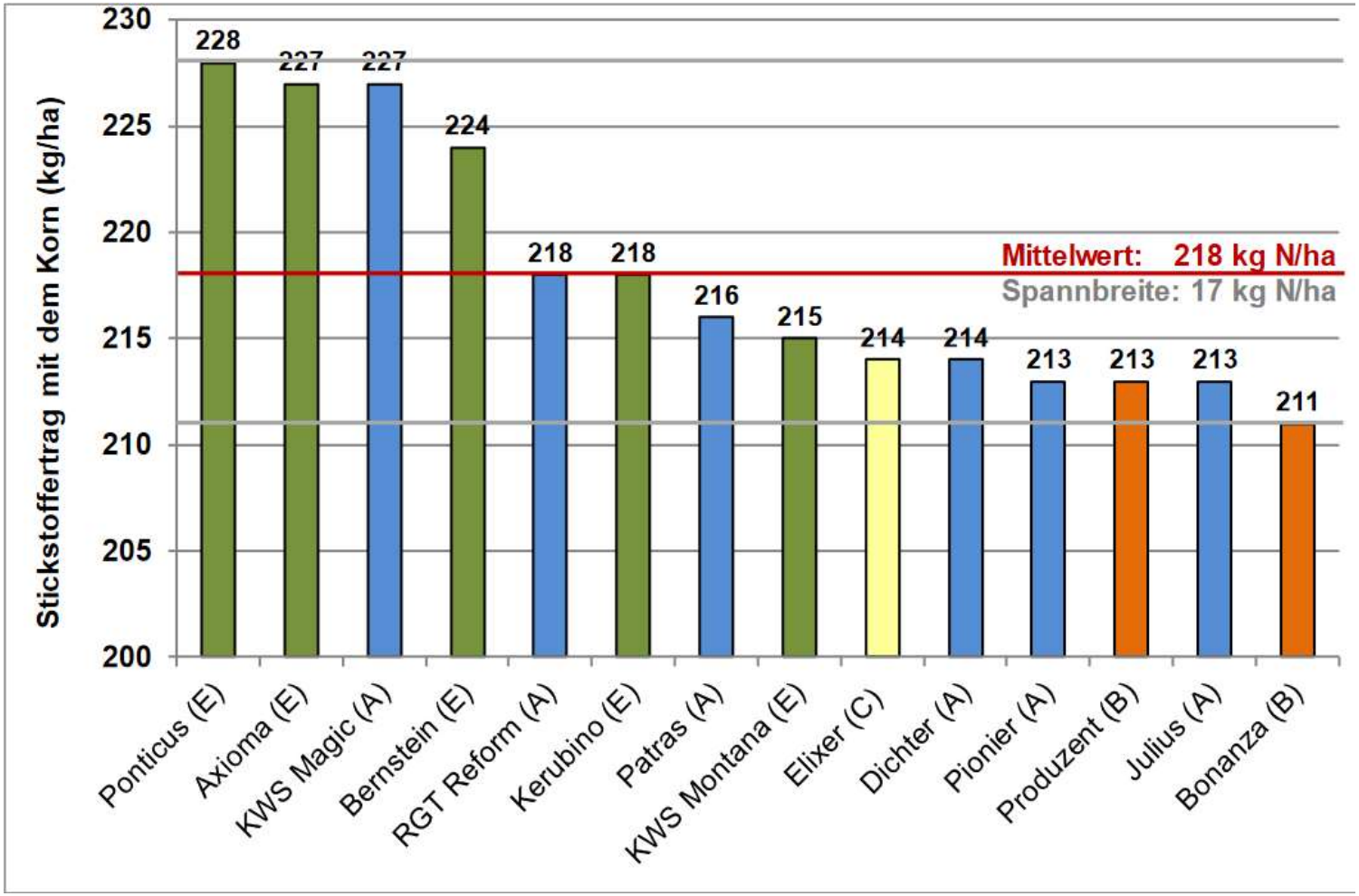
Stickstoff-Effizienz

Die Stickstoff-Effizienz gibt Auskunft darüber, wie viel Ertrag pro Einheit Stickstoff erzielt wird. Eine niedrige Stickstoff-Effizienz führt zu Stickstoff-Überschüssen und zu niedrigeren Erlösen/Flächeneinheit.

Ansatzpunkte zum Erreichen einer hohen N-Effizienz sind:

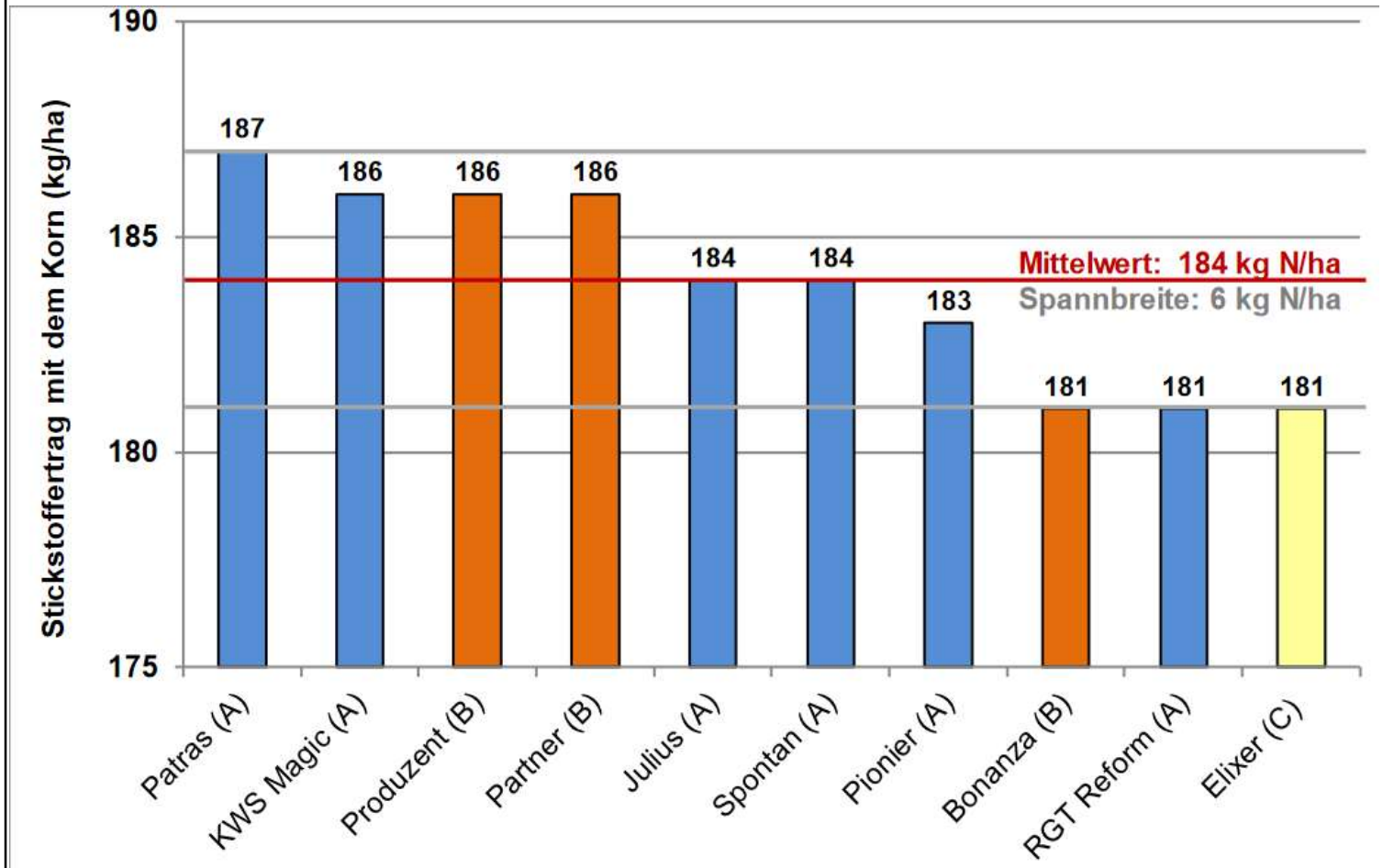
- Fachlich korrekte N-Düngerbedarfsermittlung nach Ertragspotenzial
- Ausgewogene („runde“) Pflanzenernährung
- Zeitpunkt und Technik der Düngemittelausbringung
- Berücksichtigung des Bodenvorrats (leicht und schwer verfügbarer Stickstoff) und der Nachlieferung, insbesondere bei organischer Düngung
- Optimierte Fruchtfolge und Zwischenfruchtanbau
- Sortenwahl
- Ebene des Gesamtbetriebes: Optimierung von Tierhaltungssystemen und Lagerung organischer Dünger einschließlich baulicher Maßnahmen zur Reduzierung gasförmiger Stickstoffverluste

Sortenwahl im Winterweizen - N-Effizienz, gemessen am N-Ertrag (N-Abfuhr) im Korn auf Löss-Standorten (Datengrundlage LSV Winterweizen)



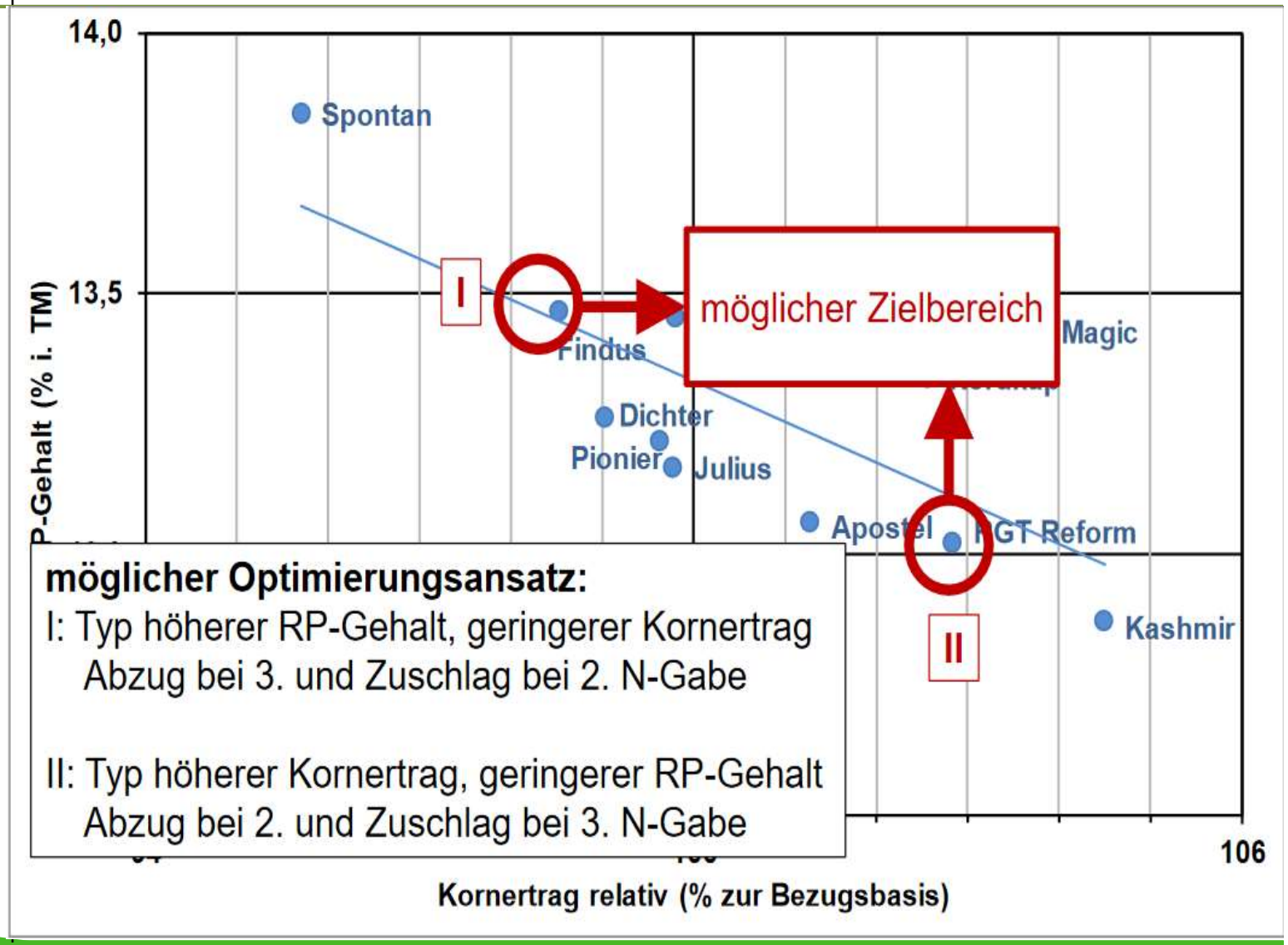
Quelle: GUDDAT, 2019

Sortenwahl im Winterweizen - N-Effizienz, gemessen am N-Ertrag (N-Abfuhr) im Korn auf Verwitterungs-Standorten (Datengrundlage LSV Winterweizen)



Quelle: GUDDAT, 2019

Wege zu hoher N-Effizienz im Weizen: Hoher Ertrag und/oder gutes Rohprotein-Bildungsvermögen



möglicher Optimierungsansatz:

I: Typ höherer RP-Gehalt, geringerer Kornertrag
Abzug bei 3. und Zuschlag bei 2. N-Gabe

II: Typ höherer Kornertrag, geringerer RP-Gehalt
Abzug bei 2. und Zuschlag bei 3. N-Gabe

Quelle: GUDDAT, 2019

JenaBios
Beratung . Analytik . Biotechnologie

Ansatzpunkt Fruchtfolgegestaltung: Aus Sicht der N-Effizienz, des PSM-Einsatzes und der Wirtschaftlichkeit ist Stoppelweizen in großen Teilen Thüringens ungeeignet

- Schwächeres Wurzelwachstum als bei Rapsweizen mit stärkerer Reaktion auf Wasser- und Nährstoffmangel
- Förderung und Verstärkung der Ungrasproblematik (vor allem Ackerfuchsschwanz, Trespe und Windhalm)
- höherer Krankheitsdruck
- intensiverer Pflanzenschutz
- höherer N-Aufwand
- geringere N-Effizienz
- geringere Erträge und höhere Ertragsschwankungen (Ertragsrisiko)
- (Erhöhung von Arbeitsspitzen in der Weizenproduktion - Aussaat, Düngungs- und Pflanzenschutzmaßnahmen, Ernte)

Ansatzpunkt Kalkung: Erhaltung des pH-Wertes und Stabilisierung des Bodengefüges

Günstige Zeiträume für Kalkdüngung

Fruchtarten \ Monate	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni
zu Stoppelfrüchten	Vorsaat											
zu Raps	Vorsaat											
zu Wintergerste		Vorsaat				Kopfkalkung						
zu Roggen			Vorsaat			Kopfkalkung						
zu Weizen			Vorsaat					Kopfkalkung				
zu Sommergerste und Hafer			Stoppel		Winter			Vorsaat				
zu Zucker- und Futterrüben			Stoppel			Winter		Vorsaat				
zu Mais			Stoppel						Vorsaat			
zu Körnerhülsenfrüchten			Stoppel		Winter			Vorsaat				
zu Feldgemüse								Vorsaat				
zu Kartoffeln											Kopfkalkung	
zu Luzerne				Vorsaat		Bestandskalkung						
zu Klee-Einsaaten								Vorsaat				
auf Wiesen					in der Vegetationsruhe						nach 1. Schnitt	
auf Weiden	nach dem Umtrieb				in der Vegetationsruhe						Kopfkalkung	
im Garten					Beete	Kompost	Baumstämme		Rasen			
auf Fischteiche	Teichwasser				Teichboden							
im Wein- und Hopfenanbau					beim Rigolen und ihr Ertragsalter							
im Forstbetrieb	das ganze Jahr											

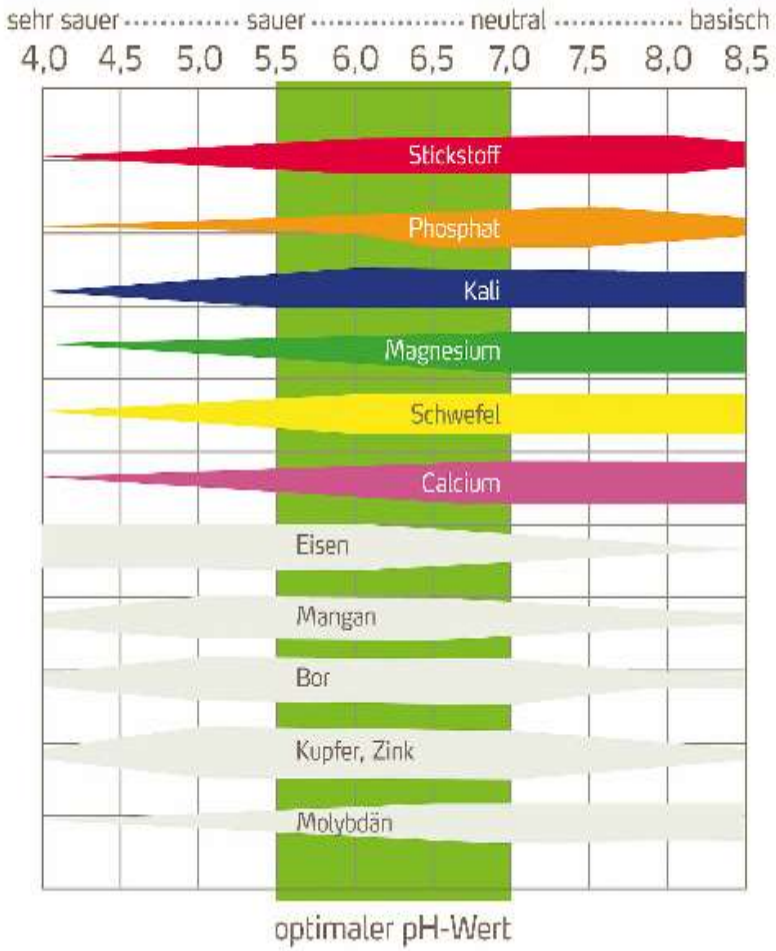
Quelle: Düngekalk-Hauptgemeinschaft

www.naturkalk.de

Quelle: HORN et al., 2020

Kalk verbessert die Nährstoffverfügbarkeit

Die meisten Pflanzennährstoffe sind in Abhängigkeit von der Bodenart im Bereich von pH 5,5 bis 7,2 optimal pflanzenverfügbar. Mit steigendem pH-Wert nimmt die Verfügbarkeit von Stickstoff (N), Schwefel (S), Kalium (K), Calcium (Ca), Magnesium (Mg) und Molybdän (Mo) zu. Die Verfügbarkeiten der Mikronährstoffe Eisen (Fe), Mangan (Mn), Kupfer (Cu) und Zink (Zn) nehmen hingegen ab, so dass es bei pH-Werten oberhalb 7,0 für diese durch Festlegung im Boden zu Mangelerscheinungen kommen kann.



Quelle: HORN et al., 2020

Einfluss des pH-Wertes auf die P-Verfügbarkeit

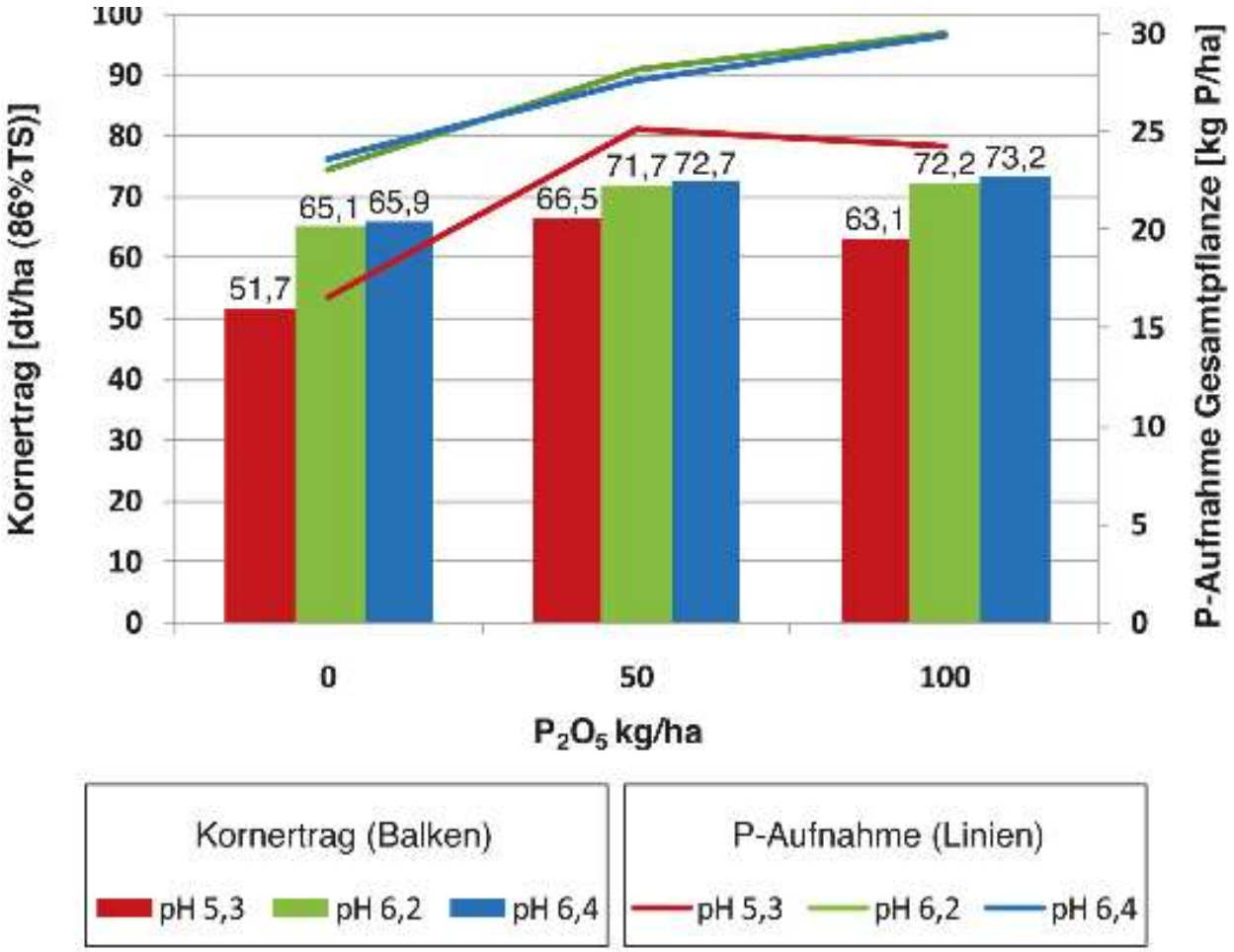


Abbildung 4: Einfluss des pH-Werts des Bodens auf die P-Verfügbarkeit (Quelle: Tucher, 2016)

Quelle: HORN et al., 2020

Ansatzpunkt „runde Pflanzenernährung“: Kalium als Grundlage sicherer Maiserträge

- Ein Maisbestand nimmt innerhalb weniger Wochen – vom Auflaufen bis zum Schieben der Fahnen Ende Juli – durchschnittlich 200 kg K (entsprechend 240 kg K_2O) je Hektar auf.
- Kalium aus der Gülle reicht häufig nicht aus, um die Ertragserwartung zu erfüllen.
- Eine hohe Kaliumverfügbarkeit in der Hauptwachstumsperiode sichert einen standfesten Mais, drängt die Stängelfäule zurück und verhindert dadurch Ernteerschwernis und Ertragsverluste durch Lager.
- Eine optimale Kaliumwirkung ist in Verbindung mit dem Nährstoff Magnesium gegeben.

Einfluss von gesteigerten K- und Mg-Gaben auf den Ertrag von Silomais bei gleichbleibender Stickstoff- (N) und Phosphordüngung (P_2O_5)

Quelle: K+S

Kalium – Voraussetzung für hohe Zuckerrübenerträge

•Die Kaliumaufnahme beträgt 375–500 kg K/ha (450-600 kg K_2O/ha). Von allen durch die Rübe aufgenommenen Nährstoffen erreicht K damit die höchste Aufnahme.

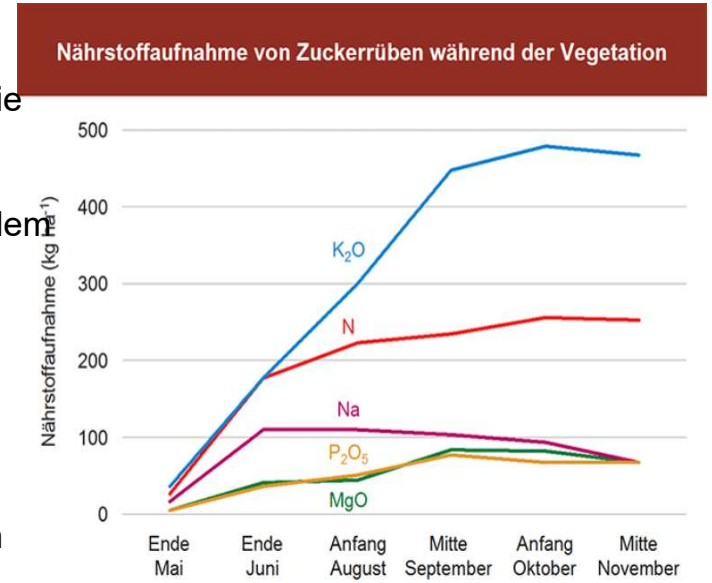
•Die größere Anteil befindet sich dabei in der grünen Blattmasse, der Kaliumgehalt im des Rübenkörpers ist deutlich geringer.

•Kalium ist bekannt für seine positiven Effekte auf die Ertragsbildung und die Höhe des Zucker-gehaltes.

•Kalium fördert die Photosynthese-Leistung. Außerdem wird die Ableitung der Assimilate und deren Einbau in die Rübe begünstigt.

•Kalium stärkt die Pflanze gegenüber Krankheiten, wodurch ihre Leistungsfähigkeit erhalten bleibt.

•Unzureichende Kaliumgehalte im Boden gefährden die Bodenfruchtbarkeit und wirken sich negativ auf den Ertrag und den Zuckergehalt aus.



Quelle: K+S

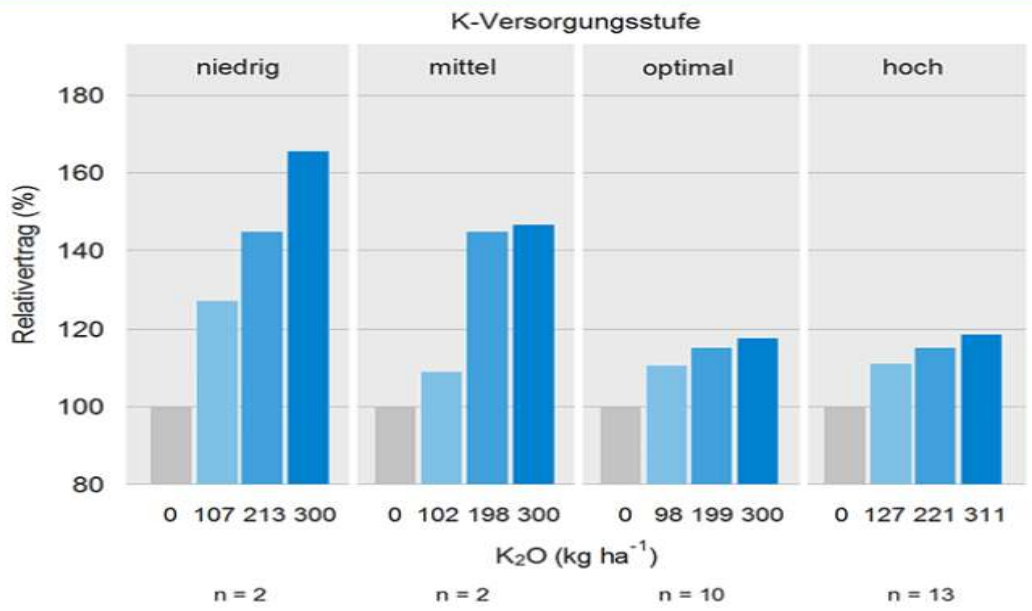
Kalium – Einfluss auf Ertrag und Qualität bei Kartoffeln

Kalium wird mengenmäßig am stärksten von den Pflanzen aufgenommen und bestimmt maßgeblich den Ertrag und die Qualität. Ein Kartoffelbestand entzieht dem Boden pro 10 t Knollenertrag ca. 50 kg K/ha (60 kg K_2O/ha).

Kalium nimmt positiven Einfluss auf:

- die Blattgesundheit
- die Effizienz der Stickstoffdüngung
- den Wasserhaushalt der Pflanzen
- den Knollenertrag
- die Ertragssicherheit

Relativer Mehrertrag von Kartoffeln in Abhängigkeit von der Kaliumversorgung



Quelle: K+S

JenaBios
Beratung . Analytik . Biotechnologie

Phosphor - Problemkreise

- Begrenzte globale Rohphosphatreserven (je nach Quelle: 150– 400 Jahre)

- P-Überversorgung vieler Böden in **Veredlungsregionen**

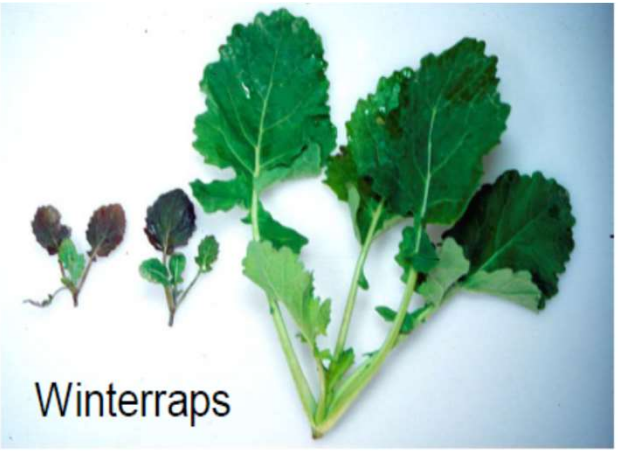
- Gesunkene Tierbestände, Konzentration auf Marktfruchtproduktion sowie die restriktive Phosphatdüngung haben in den letzten 25 Jahren zu langjährig negativen P-Bilanzen und einer dramatisch reduzierten P-Versorgung der Ackerböden in Thüringen (sowie insgesamt in Ostdeutschland) geführt. Diese drücken sich in einem kontinuierlichen Anstieg des Anteils von untersuchten Bodenproben in den Gehaltsklassen **A** (sehr niedrig) und **B** (niedrig) aus (CAL-Methode).

- Die Rückkehr zu einer bedarfsgerechten P-Düngung erfordert experimentell belegte Richtwerte für die Düngebedarfsermittlung sowie einer Optimierung der Düngemittelapplikation.

- Zurzeit wird die Ableitung von Richtwerten für Gehaltsklassen und die daraus abzuleitenden P-Düngermengen diskutiert.

- Diskussion um Boden-Hilfsstoffe und „neue“ Bodenuntersuchungsmethoden

Akuter Phosphor–Mangel mit Ausprägung sichtbarer Symptome



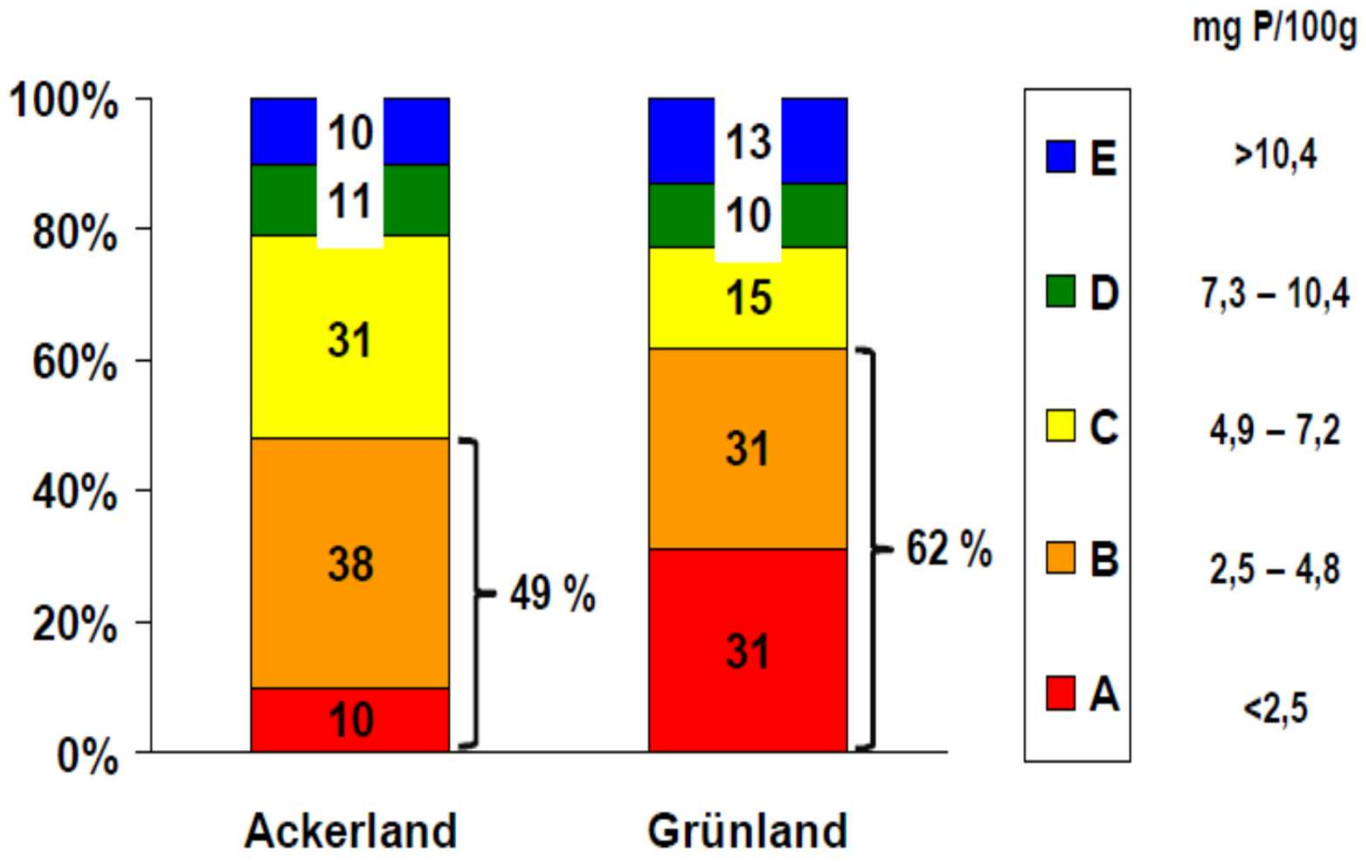
Kartoffel

Zuckerrübe

Mais

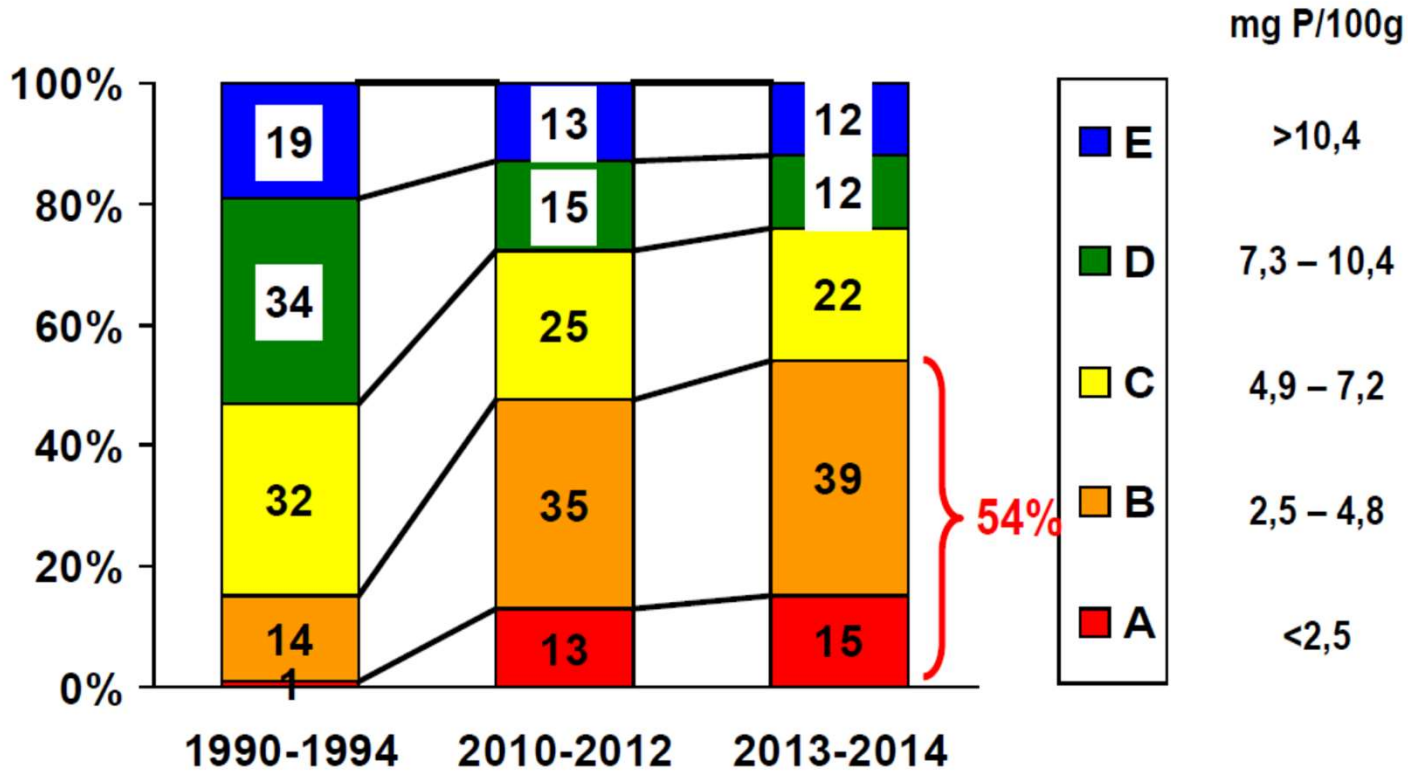
Quelle: ZORN u. SCHRÖTER, 2014, siehe auch VISUPLANT (BERGMANN, MARKS, SCHRÖDER, ZORN)

Phosphor – Versorgung Thüringer Acker- und Grünlandböden (2013-2015)



Quelle: ZORN et al. (2015)

Entwicklung der Phosphor – Versorgung Thüringer Ackerboden (1990-2014)

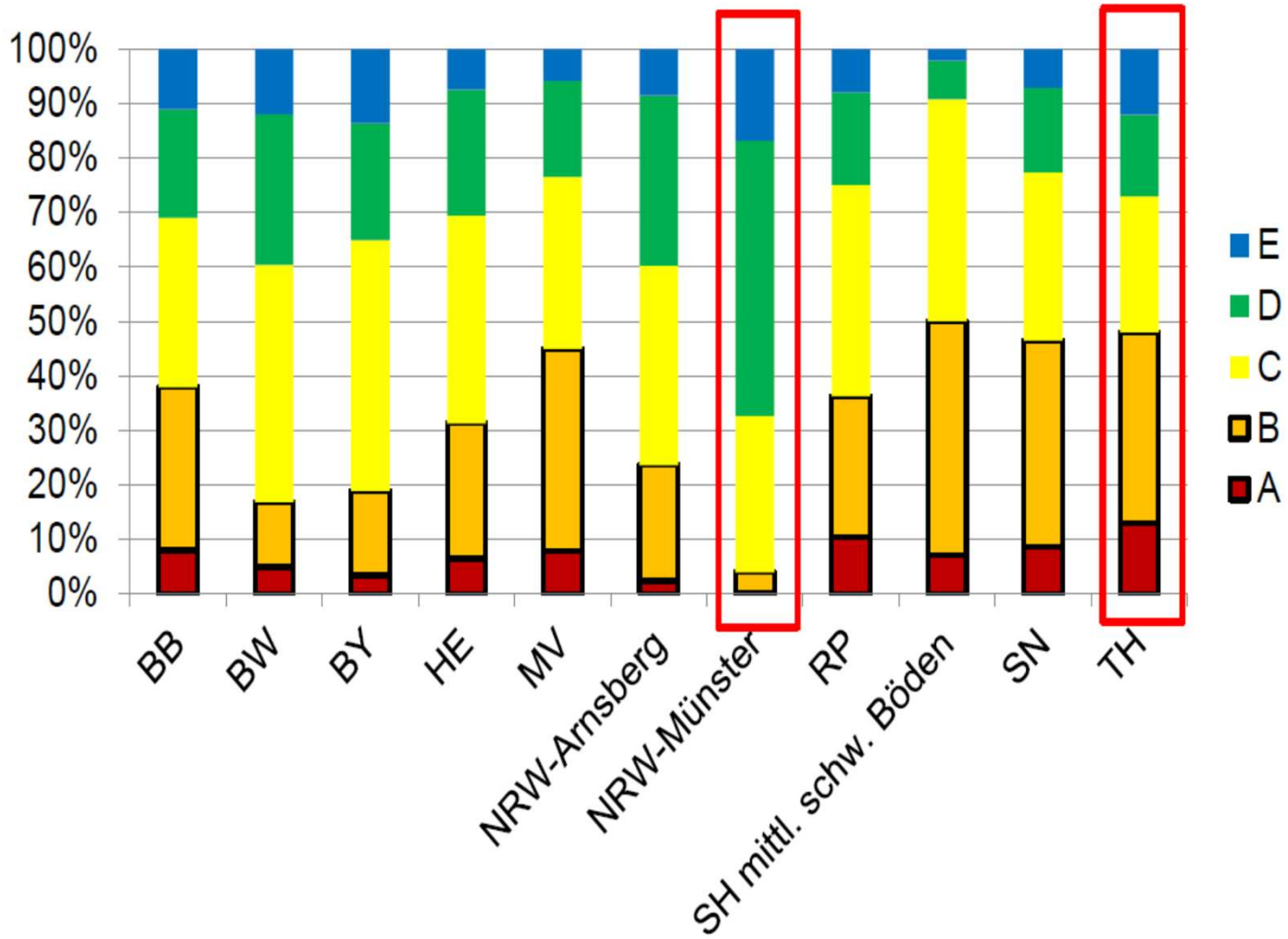


zweimaliger Methodenwechsel verbesserte Einstufung der P-Gehalte kalkreicher Böden

1. DL --- CAL
2. CAL --- $CAL_{modifiziert}$

Quelle: ZORN et al. (2015)

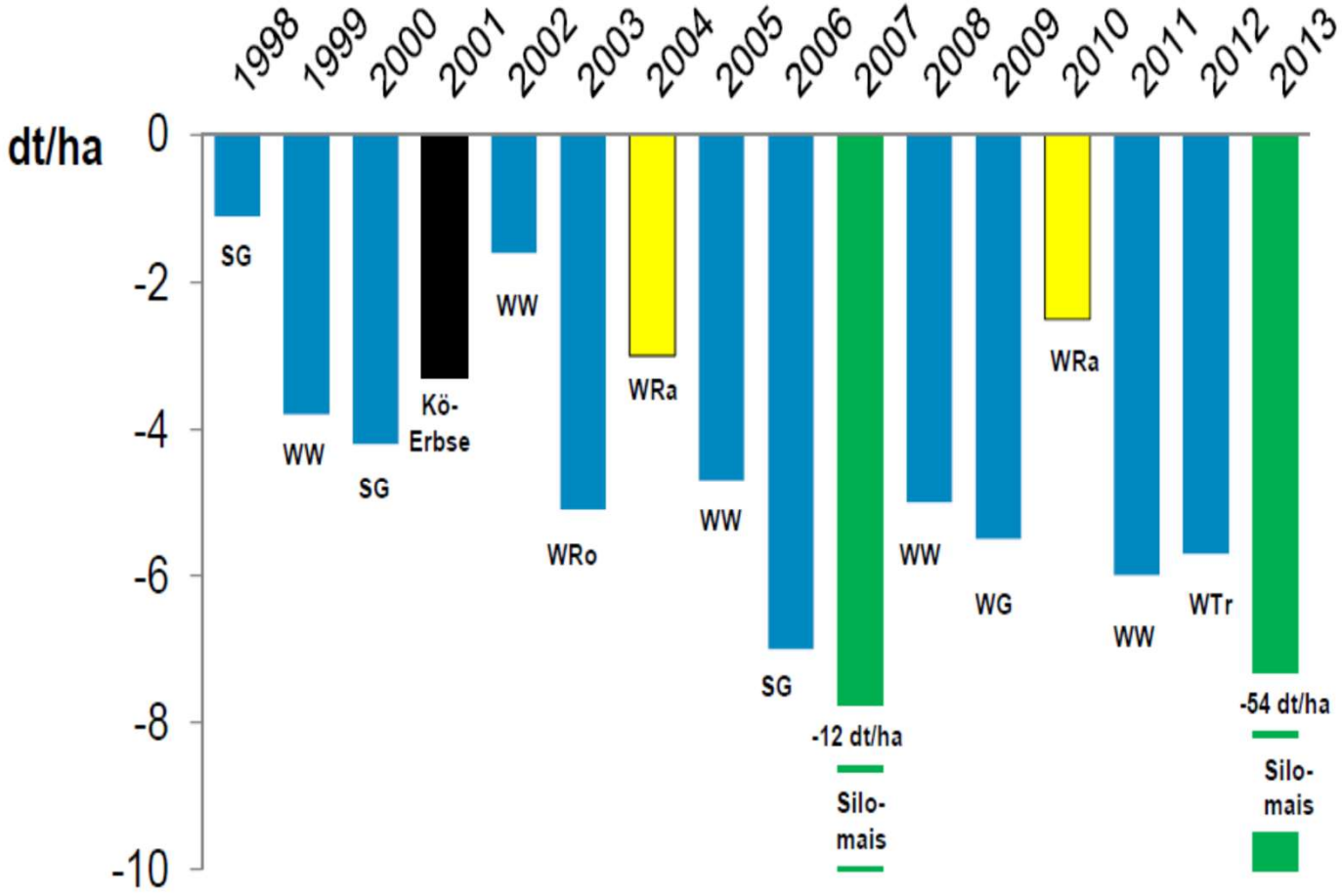
Phosphor – Versorgung der Ackerböden (bundesweit)



Summe Gehaltsklasse A +B: 5 …. 54%

Quelle: ZORN (2016)

Ertragsminderung durch unterlassene Phosphor–Düngung im statischen Dauerversuch



Quelle: ZORN et al. (2015)

Rückkehr zur bedarfsgerechten Phosphor - Düngung

Ansatzmöglichkeiten sind:

- P-Unterfußdüngung zu Getreide und Raps
- teilflächendifferenzierte P-Düngung
- „Grundversorgung“ über organische Dünger
- P-Form von großer Bedeutung (wasserlöslich)
- Zwischenfruchtanbau
  (Pflanzenarten/Mischungen mit hoher P-Aufnahme o. Vermögen zur P-Mobilisierung)
- Trockenheit hemmt die P-Aufnahme!
  (Jahreszeiten und witterungsbedingte Düngung)
- Technische Umsetzung der P-Düngung
  (Unterfußdüngung, Vorsaat+Einarbeitung oder Kopfdüngung
- Einsatz von Bodenhilfsstoffen zur P-Mobilisierung ????

Quelle: Dr.Zorn (ehm.TLL), ergänzt durch JenaBios GmbH

JenaBios
Beratung . Analytik . Biotechnologie

Phosphor: Nutzung von Zusatzmethoden der Bodenuntersuchung zur besseren Beschreibung des pflanzenverfügbaren P-Bodenpools Beispiel P-Freisetzung an verschiedenen Standorten

Standort Versuchs-laufzeit	CAL-P (P0) 2010 mg /100g	Abnahme CAL-P (P0) gesamt[1] mg /100g Boden	P0 kg P/ mg P je 100g Boden	P_{fr} [2] µg P/100g * 10min	P-Dünge-wirkung
Dornburg Lößpara-braunerde 18 Jahre	3,6 (GK B)	- 2,9	75	**P0: 32** P70%: 60	mittel/hoch signifikant
Friemar Lößschwarz-erde 18 Jahre	4,2 (GK B)	- 1,6	154	**P0: 80** P70%: 123	gering/ohne n. s.

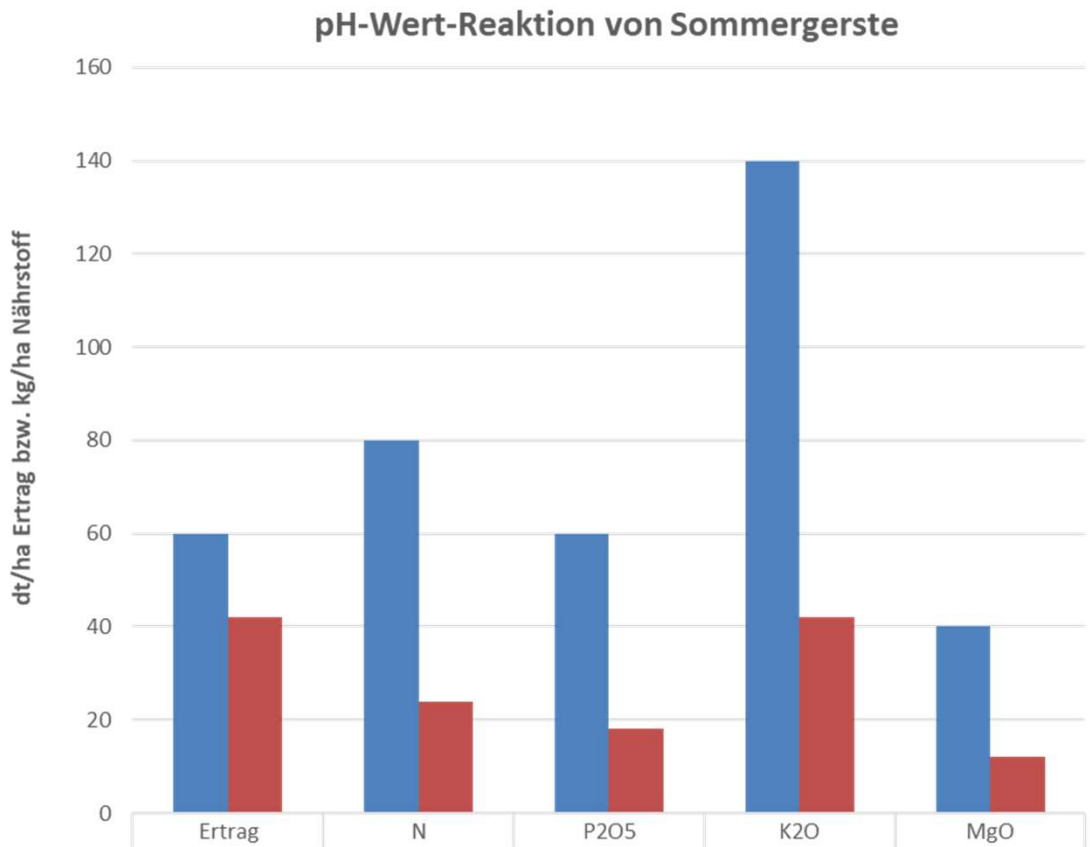
1) aus Regression abgeleitet
2) Pfr = Freisetzbares P nach Floßmann u. Richter

In Friemar deutlich höhere P-Nachlieferung als in Dornburg!

Quelle: ZORN et al. (2015)

Sommergerste – ausgeprägte Ertragsreaktion auf Boden-Versauerung

- Bei rückläufigen pH-Werten erfolgt eine bis zu 30%ige Ertragsreduzierung!
- Nährstoffüberschüsse sind vorprogrammiert!!



	Ertrag	N	P2O5	K2O	MgO
Nährstoffbedarf 100%	60	80	60	140	40
Nährstoffüberschuß bei pH-Wert-Reduzierung	42	24	18	42	12

JenaBios
Beratung . Analytik . Biotechnologie

Literatur-Quellen

- BAUMGÄRTEL, G. (2016): Düngeeffizienz von Wirtschaftsdüngern und Möglichkeiten zu ihrer Verbesserung (2016). Landwirtschaftskammer Niedersachen, Fachbereich Pflanzenbau, Saatgut

- ZORN, W., SCHRÖTER, H., KIESSLING, G. (2015): Perspektiven der Phosphatdüngung – Neue Aspekte der Bodenuntersuchung zur Ermittlung des Düngebedarfs. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft Jena, Referat Acker- und Pflanzenbau, Referat Boden- und Düngemitteluntersuchung, Jena 22.01.2015

- ZORN, W., SCHRÖTER, H. (2014): Strategien zur Absicherung der Phosphorversorgung im Ackerbau unter den Bedingungen gesunkener P-Vorräte der Böden, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft Jena, Referat Acker- und Pflanzenbau, TLL-Kolloquium am 22.09.2014

- ZORN, W., SCHRÖTER, H, KISSLING, G, WAGNER, Sabine (2015): Präzisierung des P-Düngebedarfs auf dem Ackerland durch zusätzliche Bodenuntersuchungen, 127.VDLUFA-Kongress Göttingen

- HORN, D., LORENZ, F., MÜLLER, R. , MÜLLER, T., MÜNCHHOFF, K., PIHL, U., WEBER, A., VON WULFFEN, H.-U. (2020): Hinweise zur Kalkdüngung, DLG-Merkblatt 456, 1.Auflage, Stand: 07/2020, Autoren: DLG-Fachausschuss Pflanzenernährung, DLG-Prüfungskommission Düngekalk
- https://www.dlg.org/de/landwirtschaft/themen/pflanzenbau/pflanzenernaehrung/dlg-merkblatt-456
- https://www.effizientduengen.de/kulturen/, Yara GmbH u. Co.KG in Dülmen

- FARACK, M., DEGNER, J., JENTSCH, U., ZORN, W., GÖTZ, R., PAUL, R. (2011): Leitlinie zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung von Sommergerste, 7. Auflage Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft Jena

- GUDDAT, Ch. (20199: Stickstoffeffizienz und Intensivierungseffekte durch Pflanzenschutz bei Winterweizen, Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum, Referat 31, Vortrag in Jena – 07.03.2019

JenaBios
Beratung . Analytik . Biotechnologie

Literatur-Quellen

- ZORN, W. (2015): Wie ist es um die Bodenfruchtbarkeit in Deutschland bestellt – Bodengehalte ? Tagung des VLK und BAD Würzburg (Grafik: Phosphorversorgung der Böden bundesweit)
- ZORN, W., SCHRÖTER, H, KIESSLING, G. (2016): Neue Methoden zur Ermittlung der Phosphorversorgung des Bodens, 25.Thüringer Düngungs- und Pflanzenschutztagung Erfurt
- http://www.ks-minerals-and-agriculture.com/dede/fertiliser/advisory_service/crops/potato.html
- http://www.ks-minerals-and-agriculture.com/dede/fertiliser/advisory_service/crops/sugar_beet.html
- http://www.ks-minerals-and-agriculture.com/dede/fertiliser/advisory_service/crops/mais.html

JenaBios
Beratung . Analytik . Biotechnologie

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!