

LELF-Düngungs- und Bodenschutztag
Paulinenaue, 31. Mai 2022

Phosphordüngung bei sehr hoher Phosphorversorgung des Bodens

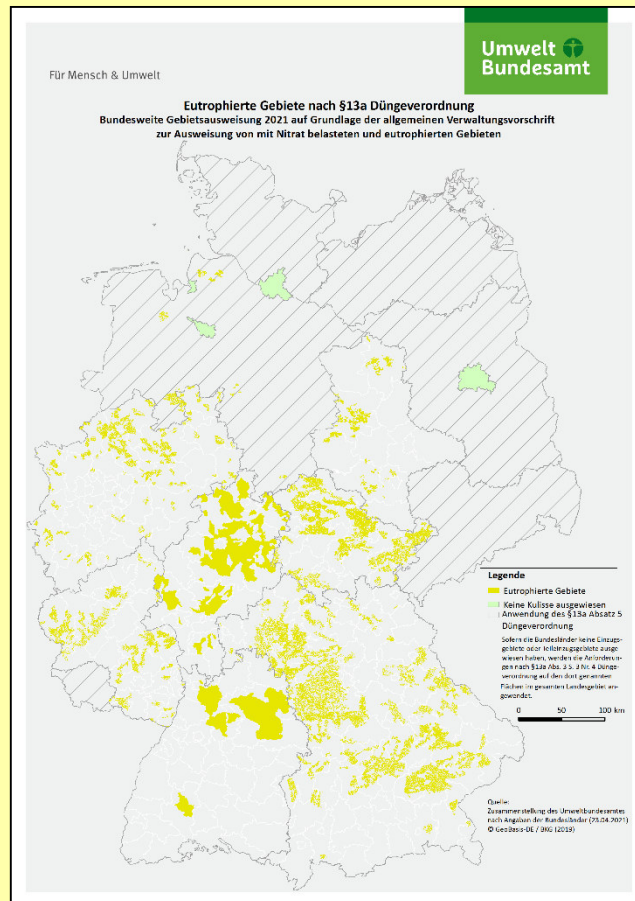
Jörg Zimmer & Thomas Grimm

Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung Brandenburg

Aktueller Status zu eutrophierten/P-belasteten Gebieten im Land Brandenburg

- **Erweiterte, landesweite Abstandsregelung zu Oberflächengewässer (§ 13a Abs. 5 DüV-20) statt Ausweisung eutrophierter Gebiete (P-Kulisse)**
 - **Geringere Flächenbetroffenheit (< 13.000 ha)**
 - **Höhere Wirksamkeit bei der Vermeidung von P-Einträgen in Oberflächengewässer**
 - **Rechtssichere Ausweisung (Datenverfügbarkeit, Methodik, ...)**

Ausweisung eutrophierter Gebiete in Deutschland (UBA 2021)



© UBA (2021)

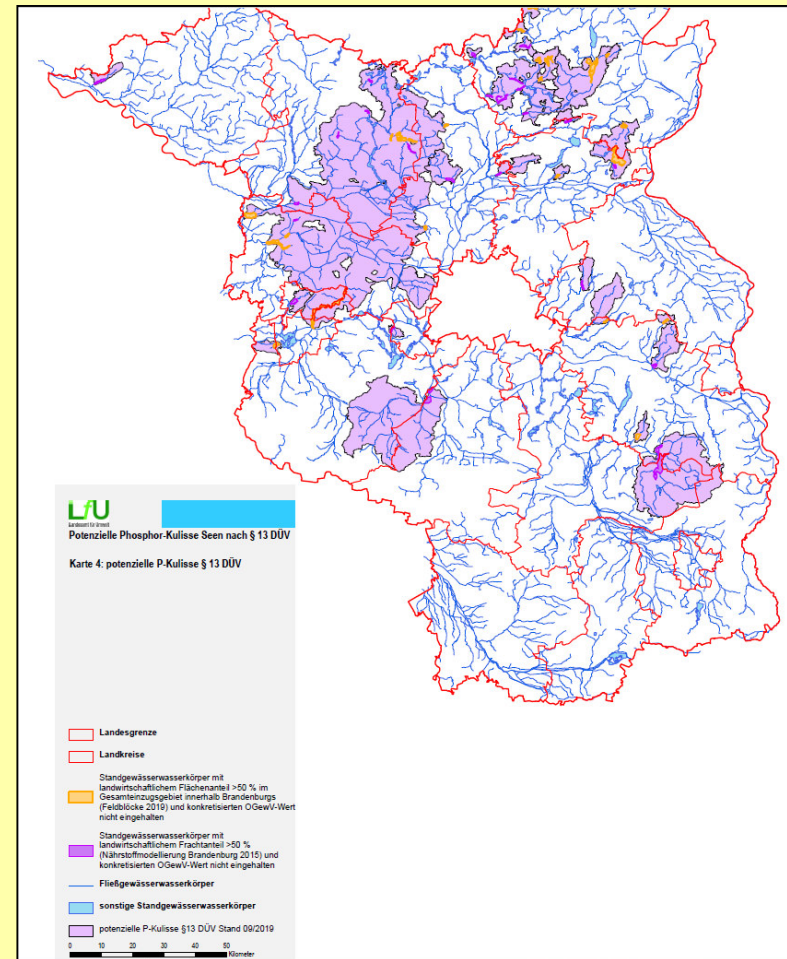
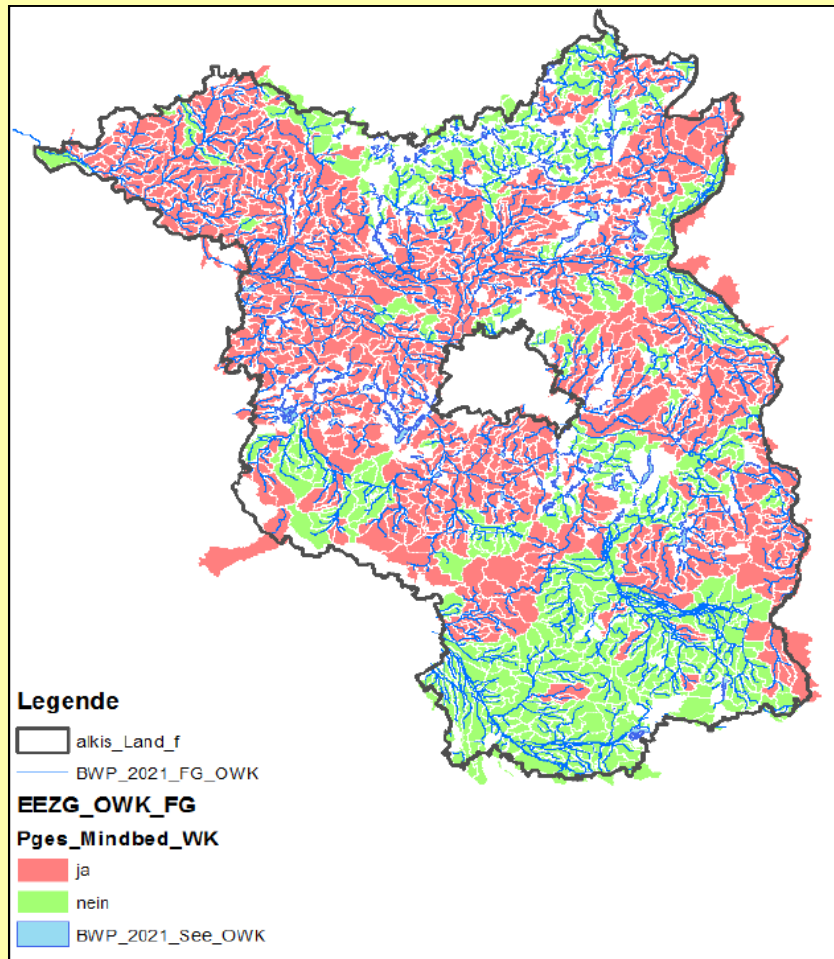
Tabelle 1: Übersicht der Maßnahmen zur Minderung landwirtschaftlicher Phosphoreinträge nach §13a Düngerverordnung. Der Anteil bezieht sich auf die bundesweite Landwirtschaftsfläche (Stand: 26. Januar 2021).

Maßnahme	Bundesland
Erweiterte Gewässerabstände bei der Düngung * flächendeckend nach § 13a Absatz 5 DüV 2020	BB*, BW, BY, HE, MV*, NI*, SL*, SN*, SH*
Analyse der Wirtschaftsdünger	BW, HE, NW, RP, ST, TH
Zwischenfruchtanbau im Herbst des Vorjahrs	BY
5 m Randstreifen begrünt ohne Düngung	TH
Schulung P-Düngung alle drei Jahre	NW
Sperrzeitenverlängerung um 1 Monat	ST
Phosphat-Bodenuntersuchungspflicht für alle Schläge	RP
Aufzeichnungspflicht kleine Betriebe	RP
Meldepflicht für Düngbedarfsermittlung, Dokumentation der Düngung	NI
Reduzierte P-Düngung	NI

Potenzielle P-Kulissen gemäß § 13a DüV (LfU 2019)

- Fließgewässer -

- Standgewässer -




© LfU (2019)

31.05.2022

J. Zimmer & Th. Grimm: P-Düngung bei sehr hoher P-Bodenversorgung ?

4

Aktueller Status zu eutrophierten/P-belasteten Gebieten im Land Brandenburg

- **Erweiterte, landesweite Abstandsregelung zu Oberflächengewässer (§ 13a Abs. 5 DüV-20) statt Ausweisung eutrophierter Gebiete (P-Kulisse)**
 - **Geringere Flächenbetroffenheit (< 5.000 ha)**
 - **Höhere Wirksamkeit bei der Vermeidung von P-Einträgen in Oberflächengewässer**
 - **Rechtssichere Ausweisung (Datenverfügbarkeit, Methodik, ...)**
-  - **Mit Ausweisung einer P-Kulisse für das Land Brandenburg würde für ca. 2/3 der landwirtschaftlichen Nutzfläche ein P-Minderungsbedarf angezeigt werden!**

Aktueller Status zu eutrophierten/P-belasteten Gebieten im Land Brandenburg

Konsequenz für die Landbaupraxis

Die Diskrepanz zwischen P-Abstandregelung und potenzieller P-Kulisse zeigt prägnant auf, dass bereits jetzt sämtliche Möglichkeiten zur Vermeidung von P-Einträgen in Stand- und Fließgewässer genutzt werden sollten.

Insbesondere auf Ackerbaustandorten mit sehr hoher P-Bodenversorgung sollte die P-Düngungspraxis hinterfragt werden!

Pflichtvorgaben DüV (§ 3 Abs. 6):

Bei sehr hoher P-Bodenversorgung dürfen phosphathaltige Düngemittel höchstens bis in Höhe der voraussichtlichen Phosphatabfuhr aufgebracht werden.

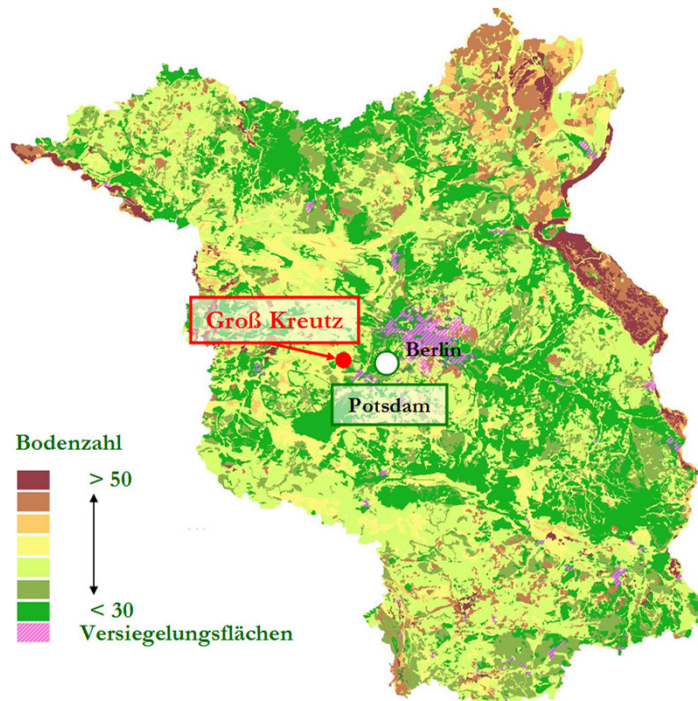
Im Rahmen einer Fruchtfolge kann die voraussichtliche Phosphatabfuhr für einen Zeitraum von höchstens drei Jahren zu Grunde gelegt werden.

Bei der Ermittlung der Phosphatabfuhr der angebauten Kulturen sind die Phosphatgehalte pflanzlicher Erzeugnisse nach Anlage 7 Tabelle 1 bis 3 DüV heranzuziehen.

Vortragsgliederung

- **Einleitung**
- **Dauerfeldversuch M4**
- **Methodisches Vorgehen**
- **Ergebnisse**
- **Fazit**

Standort Groß Kreutz (Landkreis Potsdam-Mittelmark)



© Standorteignung der Böden im Land Brandenburg (LGBR, 2007)

Geologie (Kühn & Bauriegel 2009):

Nördlicher Teil des Glindower Plateaus im Landschaftsraum der Mittelbrandenburgischen Plateaus und Niederungen

Typisch sind Decksande über Geschiebemergel

Höhenlage: 42 m NN

Grundwasserstand: > 20 m

Klima (Chmielewski 2009):

Feucht-temperiertes westeuropäisches Klima mit ostwärts zunehmend kontinentaler Ausprägung

Witterung (DWD 2021)¹:

mittlerer Jahresniederschlag: 553 mm (1991-2020)

mittlere Jahrestemperatur: 9,2 °C (1981-2010)

Boden-Klima-Raum (Roßberg et al. 2007):

Trocken-warme diluviale Böden des ostdeutschen Tieflandes

¹ <https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/mittelwerte/> (abgerufen am 17.11.2021)

Mittlere Bodeneigenschaften (Kühn & Hannemann, 2004; ergänzt)¹



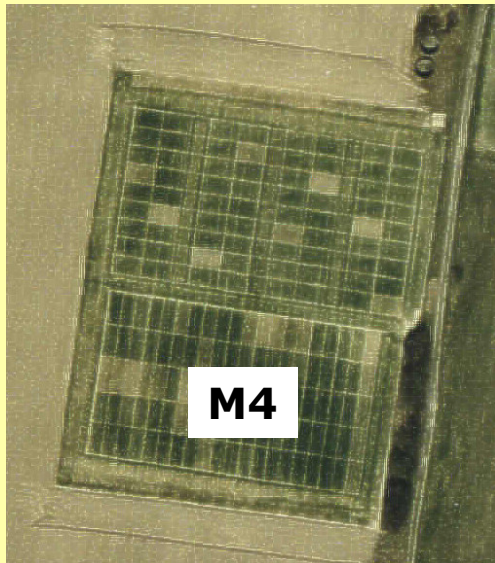
Merkmal	DFV M4
Bodenform	Fahlerde aus Sand (Geschiebedecksand) über Lehm (Geschiebemergel)
Bodenart	Kryoturbater Lehmsand aus Geschiebedecksand (AZ 40/42)
Bodenartenuntergruppe	Stark schluffiger Sand (Su 4)
Bodengruppe (VDLUFA)	Schwach lehmiger Sand (BG 2, I'S)
Ton/Schluff/Sand (%)	6 / 44 / 50
Trockenrohdichte (g cm ⁻³) ¹	1,56
C _t /N _t (%) ¹	0,653 / 0,056
pH-Wert ¹	5,6
P _{DL} /K _{DL} /Mg _{CaCl2} (mg 100 g ⁻¹ Boden) ¹	6,3 / 9,0 / 1,7
nFK (Vol.-%)	12,4
KAK (cmol _c /kg)	4,7

© Zimmer (2004)

¹ zu Versuchsbeginn (1967)

Standortrepräsentanz: ca. 30 % der Ackerböden in Brandenburg

Versuchsdesign



© LELF (2004) - Luftbild F. Nr.: C20-02, Bild Nr.: 1666 des LGB Brandenburg)

Versuchsbeginn: 1967

**Fruchtfolge: Silomais (bis 1993 Kartoffeln)
Winterroggen (bis 2000 Winterweizen)
Silomais (bis 1991 Zuckerrüben)
Winterroggen (bis 1998 Sommergerste)**

Versuchsanlage: Zweisatzgitter mit doppelter Anlage des Strukturplans

**Prüffaktor A: Stallung-N zu Silomais
(Rinderdung, 0-200 kg ha⁻¹a⁻¹ N)**

**Prüffaktor B: Mineral-N zu Silomais und Winterroggen
(KAS, 0-200 kg ha⁻¹a⁻¹ N, SM/WR 60/40)**

Prüfglieder: 25

Prüfmerkmale¹:

- Ertrag (HP, NP), Nährstoffabfuhr (NPK)
- Boden (C_t, N_t, P_{DL}, K_{DL}, pH-Wert)

Bewirtschaftung:

- ortsüblich, Bodenbearbeitung mit Pflug
- 27.08.1979: Ackerkrumenvertiefung (von 25 auf 30 cm)

Wiederholung																				
A					B					C					D					
a _{5,1}	a _{2,2}	a _{3,3}	a _{5,4}	a _{5,5}	a _{5,5}	a _{4,5}	a _{1,5}	a _{2,5}	a _{2,2}	a _{3,1}	a _{3,3}	a _{3,5}	a _{3,4}	a _{4,3}	a _{1,3}	a _{3,3}	a _{2,3}	a _{3,3}	a _{3,3}	a _{3,3}
Block 5					Block 10					Block 3					Block 8					
a _{4,1}	a _{4,2}	a _{1,3}	a _{4,4}	a _{4,5}	a _{2,4}	a _{1,4}	a _{5,4}	a _{3,4}	a _{4,4}	a _{2,5}	a _{2,2}	a _{2,4}	a _{2,1}	a _{2,3}	a _{4,2}	a _{2,2}	a _{1,2}	a _{5,2}	a _{3,2}	a _{3,2}
Block 4					Block 9					Block 2					Block 7					
a _{3,1}	a _{3,2}	a _{3,3}	a _{3,4}	a _{3,5}	a _{5,3}	a _{2,3}	a _{3,3}	a _{1,3}	a _{4,3}	a _{1,2}	a _{1,5}	a _{1,4}	a _{1,1}	a _{1,3}	a _{5,1}	a _{4,1}	a _{1,1}	a _{2,1}	a _{3,1}	a _{3,1}
Block 3					Block 8					Block 1					Block 6					
a _{2,1}	a _{2,2}	a _{3,3}	a _{2,4}	a _{2,5}	a _{1,2}	a _{3,2}	a _{4,2}	a _{2,2}	a _{2,2}	a _{4,5}	a _{4,3}	a _{4,1}	a _{4,4}	a _{4,2}	a _{5,5}	a _{2,5}	a _{1,5}	a _{4,5}	a _{3,5}	a _{3,5}
Block 2					Block 7					Block 4					Block 10					
a _{1,1}	a _{1,2}	a _{1,3}	a _{1,4}	a _{1,5}	a _{3,1}	a _{5,1}	a _{2,1}	a _{1,1}	a _{4,1}	a _{3,3}	a _{5,5}	a _{5,4}	a _{5,1}	a _{2,4}	a _{4,4}	a _{1,4}	a _{1,4}	a _{3,4}	a _{5,4}	a _{5,4}
Block 1					Block 6					Block 5					Block 9					

¹ bis 1990 jeweiliger DDR-Methodenstandard (Institut für Düngungsforschung der AdL Potsdam), ab 1992 VDLUFA-Methodenstandard

Vorbemerkung

Pflanzenertrag im DFV M4 (2001-2020, MW_{adj.}, n = 40, N = 1.000, dt ha⁻¹a⁻¹ TM)¹

N-Düngung Stalldung-N [kg ha ⁻¹ a ⁻¹ N]		Mineral-N [kg ha ⁻¹ a ⁻¹ N]				
		0	50	100	150	200
0		47 ^a	87 ^c	106 ^{egi}	108 ^{egj}	111 ^{fij}
50	(152) ²	71 ^b	99 ^{def}	113 ^{gj}	115 ^{gj}	117 ^{ij}
100	(304) ²	90 ^{cd}	111 ^{gj}	120 ^{hj}	119 ^{gj}	120 ^{gj}
150	(456) ²	97 ^{ce}	115 ^{gj}	121 ^j	117 ^{gj}	119 ^{gj}
200	(607) ²	107 ^{fgh}	116 ^{gj}	121 ^j	120 ^{gj}	118 ^{gj}

¹ ANOVA-Modell M4 IId, N-Düngungskombinationen mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich im Tukey-Test nicht signifikant ($p \leq 0,05$); GD_{5%} = 7,3 - 13,6 dt ha⁻¹ a⁻¹ TM; MW = 107,4 dt ha⁻¹ a⁻¹ TM; S_{Rest} = 4,6 - 15,4 %

² dt ha⁻¹ a⁻¹ Stalldung-FM bei 25 % TS zu Silomais

➔ Ertragsniveau wird primär durch die Höhe der Stickstoffdüngung bestimmt

Organisch-mineralische P-Düngung im DFV M4 (1967-2020, MW, kg ha⁻¹ a⁻¹ P)¹

N-Düngung		Mineral-N [kg ha ⁻¹ a ⁻¹ N]				
Stalldung-N [kg ha ⁻¹ a ⁻¹ N]		0	50	100	150	200
0	- ¹		18	18	18	18
50		44	44	44	44	44
100		70	70	70	70	70
150		96	96	96	96	96
200		123	123	123	123	123

¹ keine Phosphordüngung

➔ **P-Düngung wird seit Versuchsbeginn derart bemessen, dass das Pflanzenwachstum nicht durch eine eingeschränkte Nährstoffverfügbarkeit limitiert wird**

P_{DL} -Bodenversorgung im DFV M4 (2000-2020, MW, n = 34, mg [100 g Boden]⁻¹/Gehaltsklasse)

N-Düngung		Mineral-N [kg ha ⁻¹ a ⁻¹ N]				
Stalldung-N [kg ha ⁻¹ a ⁻¹ N]		0	50	100	150	200
0	- ¹	19/E	19/E	24/E	27/E	
50	16/E	20/E	22/E	26/E	28/E	
100	16/E	18/E	20/E	24/E	26/E	
150	14/E	17/E	19/E	21/E	24/E	
200	14/E	16/E	17/E	20/E	21/E	

¹ keine Phosphordüngung

➔ Sehr hohe P-Bodenversorgung in allen Düngungsvarianten (Gehaltsklasse E), Ausnahme Variante ohne Düngung

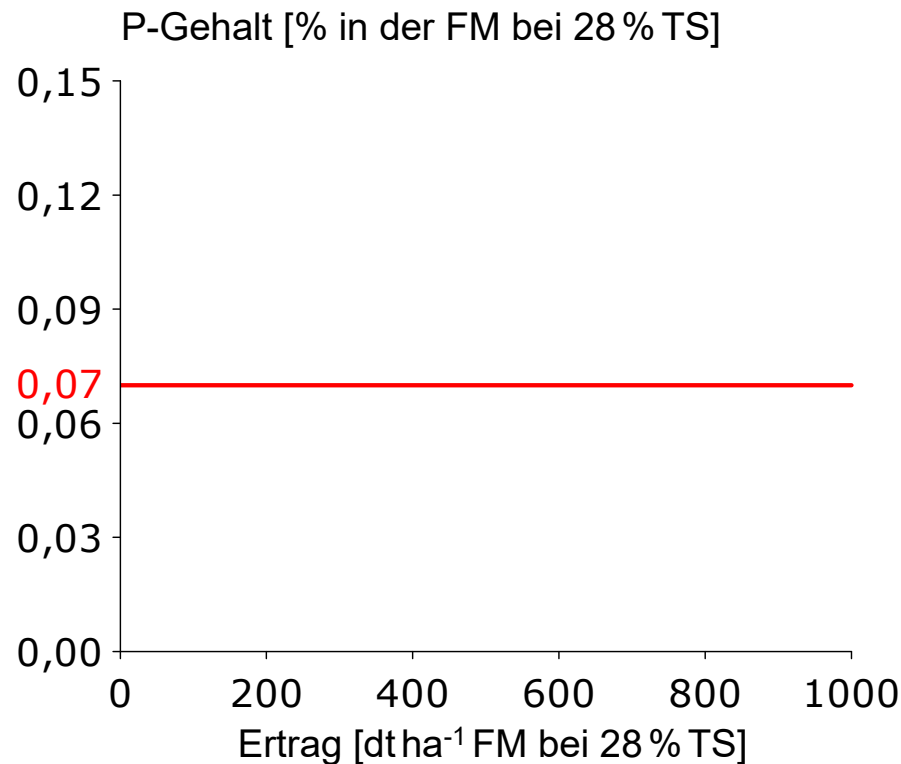
- Vorbemerkung:**
- **Ertragsniveau wird primär durch die Höhe der Stickstoffdüngung bestimmt**
 - **P-Düngung wird seit Versuchsbeginn derart bemessen, dass das Pflanzenwachstum nicht durch eine eingeschränkte Nährstoffverfügbarkeit limitiert wird**
 - **Sehr hohe P-Bodenversorgung in allen Düngungsvarianten (Gehaltsklasse E), Ausnahme Variante ohne Düngung**
- Zielstellung:**
- **Sekundärauswertung der**
 - **P-Gehalte im Pflanzenmaterial (DüV vs DFV M4)**
 - **P-Abfuhr mit dem Pflanzenertrag (DüV vs DFV M4)**
 - **Ertragswirkung org.-min. P-Düngung bei sehr hoher P-Bodenversorgung (Ausschluss Variante ohne Düngung)**

Prozedere:

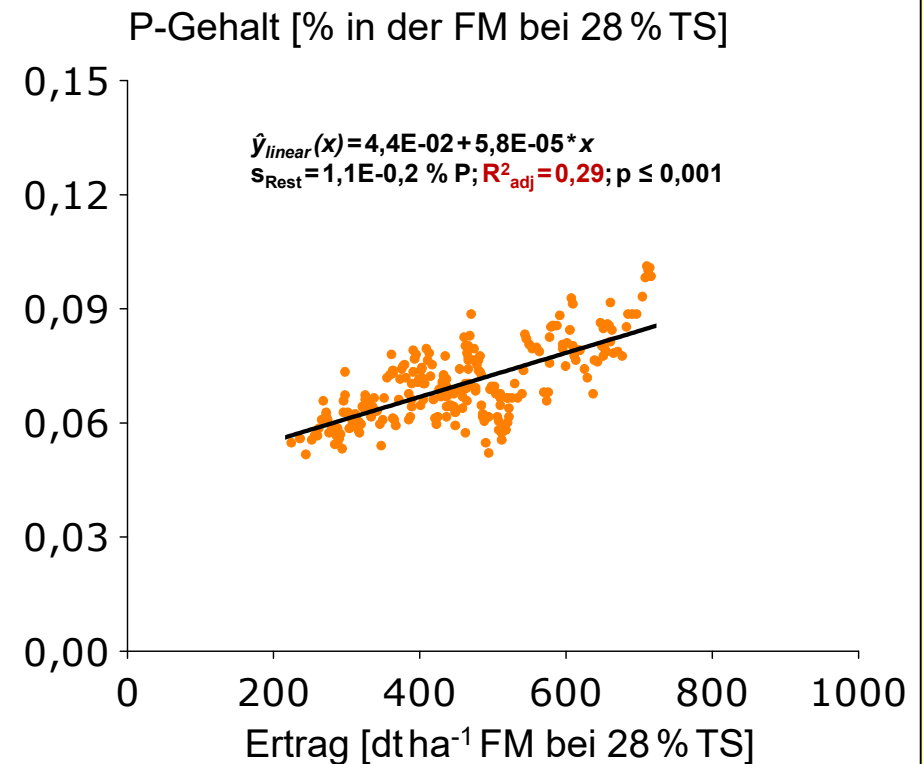
- **Fruchtwechsel Silomais-Roggen (Korn + Stroh)**
- **Zeitraum: 2001-2020 (20 Anbaujahre)**
 - **10 Anbaujahre Silomais, 10 Anbaujahre Roggen, 10 Fruchtwechsel**
 - **ANOVA Anbaujahre**
 - **Glättungsverfahren: adjustierte Mittelwerte 5. Ordnung**
- **Regressionsanalyse**
 - **Kandidatenliste: 15 Regressionsfunktionen**
 - **Voraussetzung zur Funktionsauswahl nach Archontoulis & Miguez (2015): Konvergenz, Normalverteilung, Signifikanz**
 - **Auswahl des am besten angepassten Regressionsfunktion anhand AIC-Wert nach Burnham & Anderson (2002)**
 - **SAS 9.4-Prozeduren proc nlin, proc rec (© SAS Institute Inc., Cary, USA, 2016)**
 - **Grafische Darstellung mit Statistica 13.3 (© TIBCO Software Inc., 2017, <http://statistica.io>.)**

Phosphor-Gehalt in Silomais-Ganzpflanze

Richtwert DüV



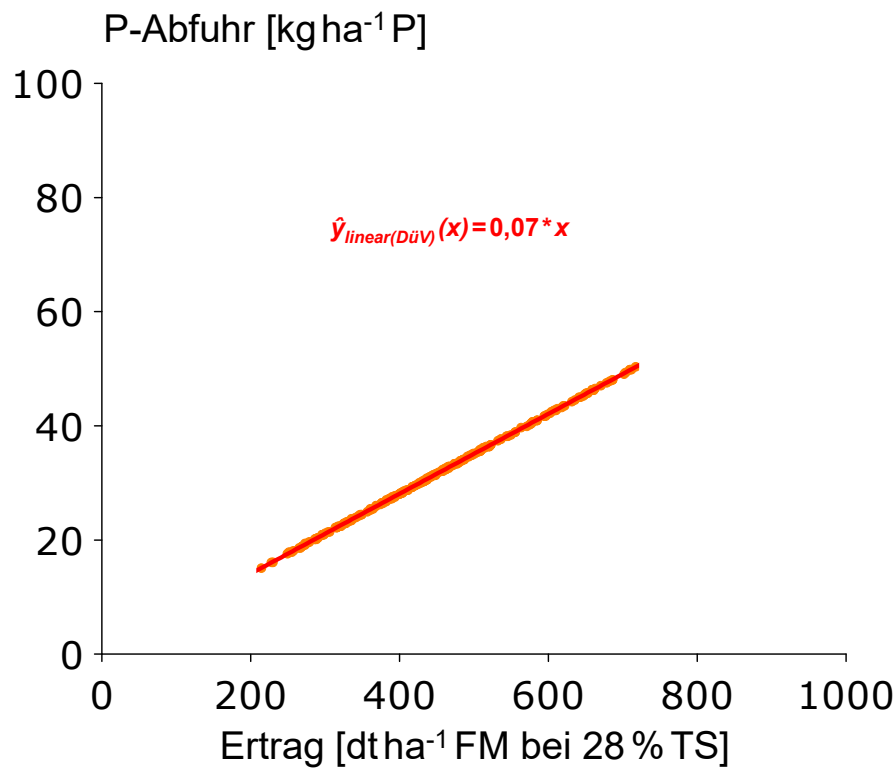
DFV M4 Groß Kreuz (2001-2020)¹



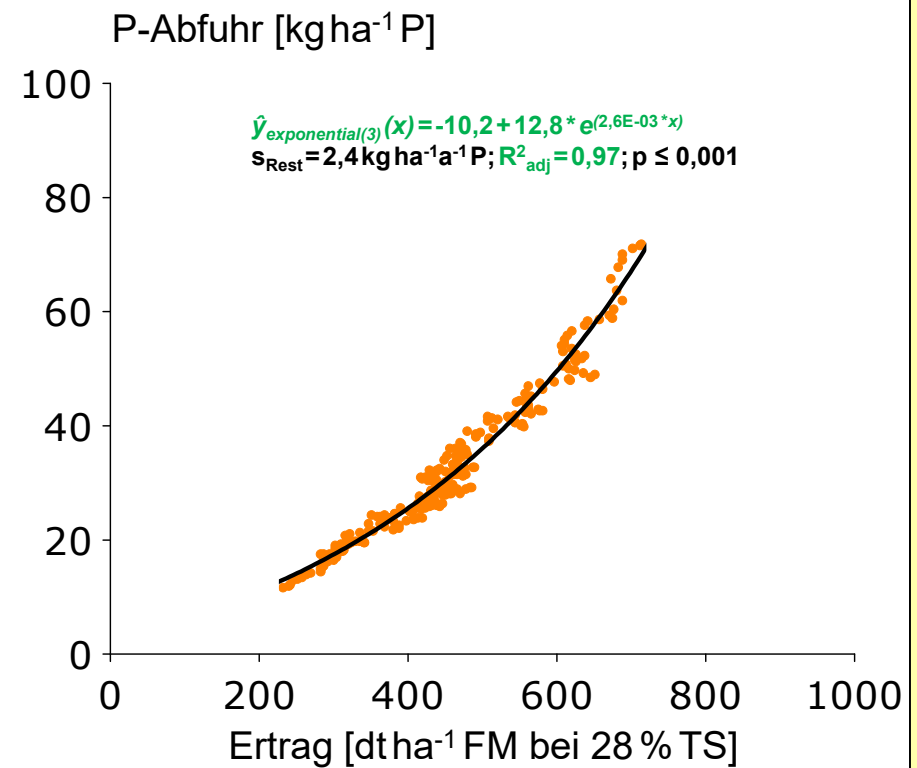
¹ n_{EW} = 240, N = 960

Phosphor-Abfuhr mit Silomais-Ganzpflanze im DFV M4 Groß Kreuz (2001-2020)¹

Berechnung nach DüV



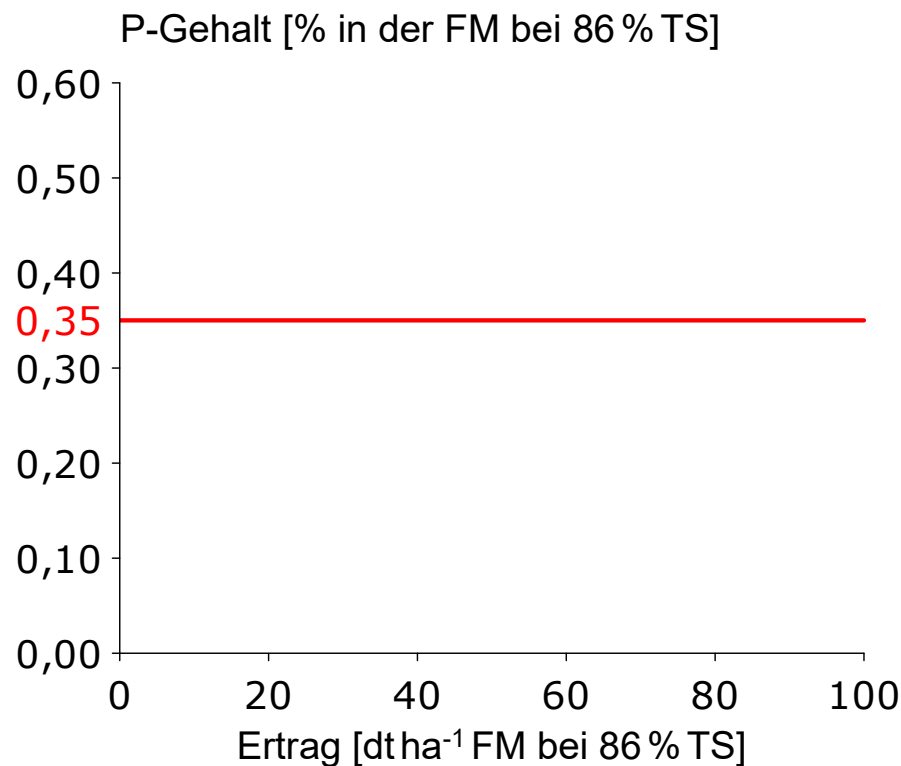
DFV M4



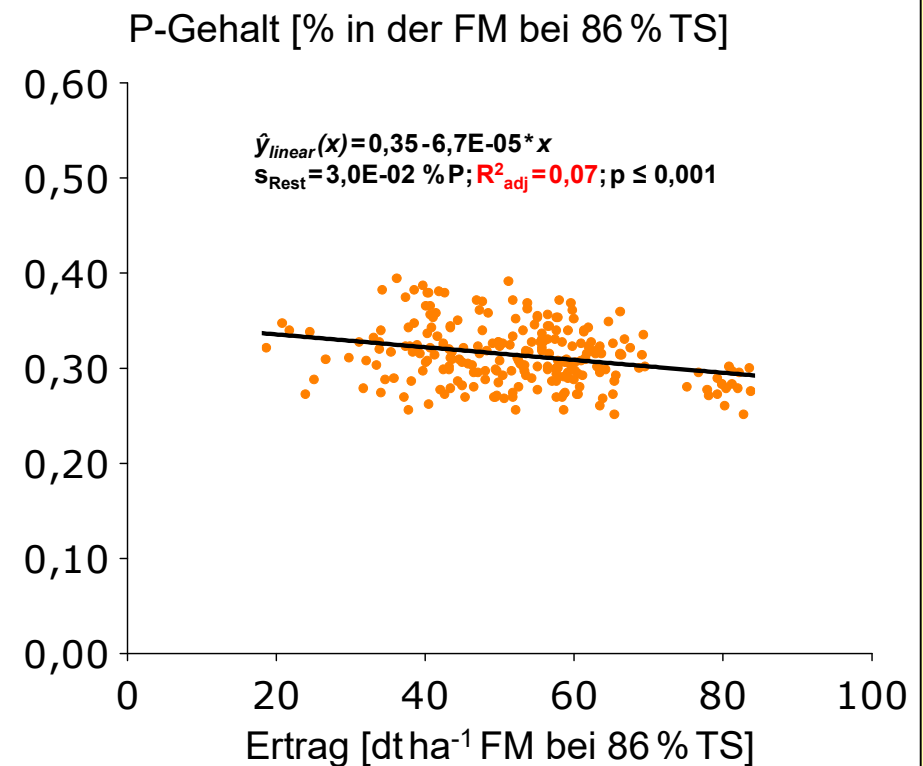
¹ n_{MWadj} = 240, N = 960

Phosphor-Gehalt in Roggen-Korn¹

Richtwert DüV



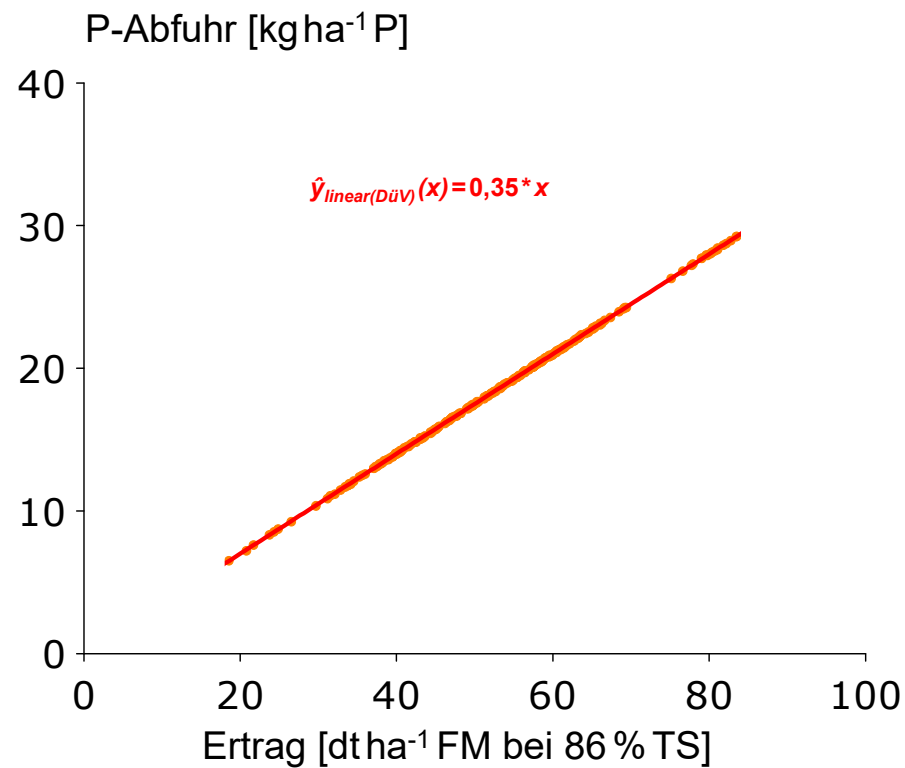
DFV M4 Groß Kreuz (2001-2020)



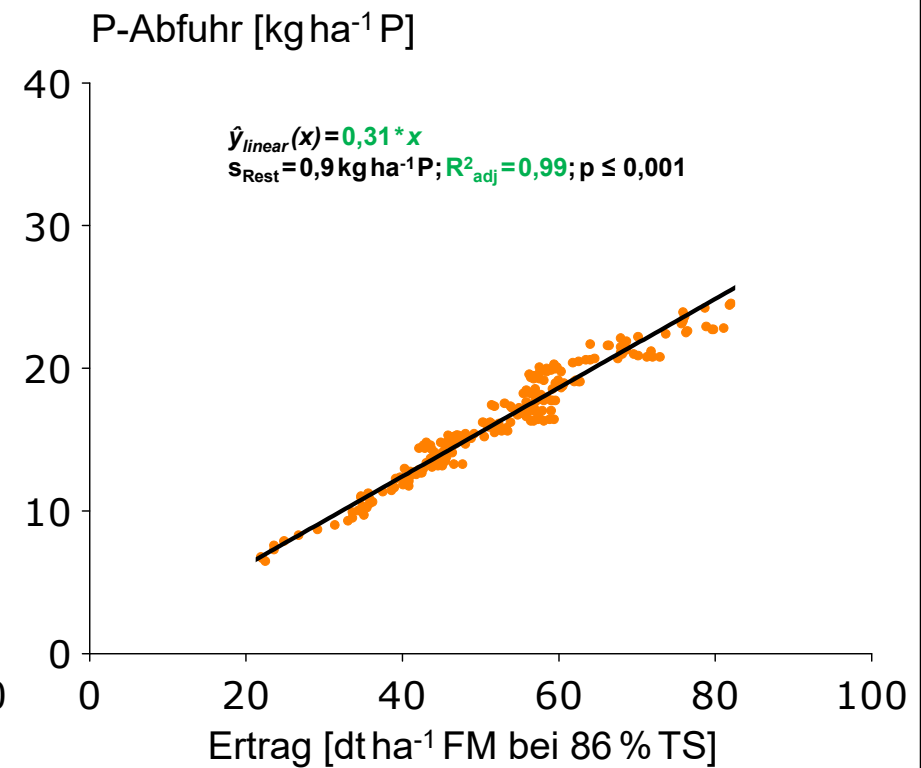
¹ n_{EW} = 240, N = 960

Phosphor-Abfuhr mit Roggen-Korn im DFV M4 Groß Kreuz (2001-2020)¹

Berechnung nach DüV



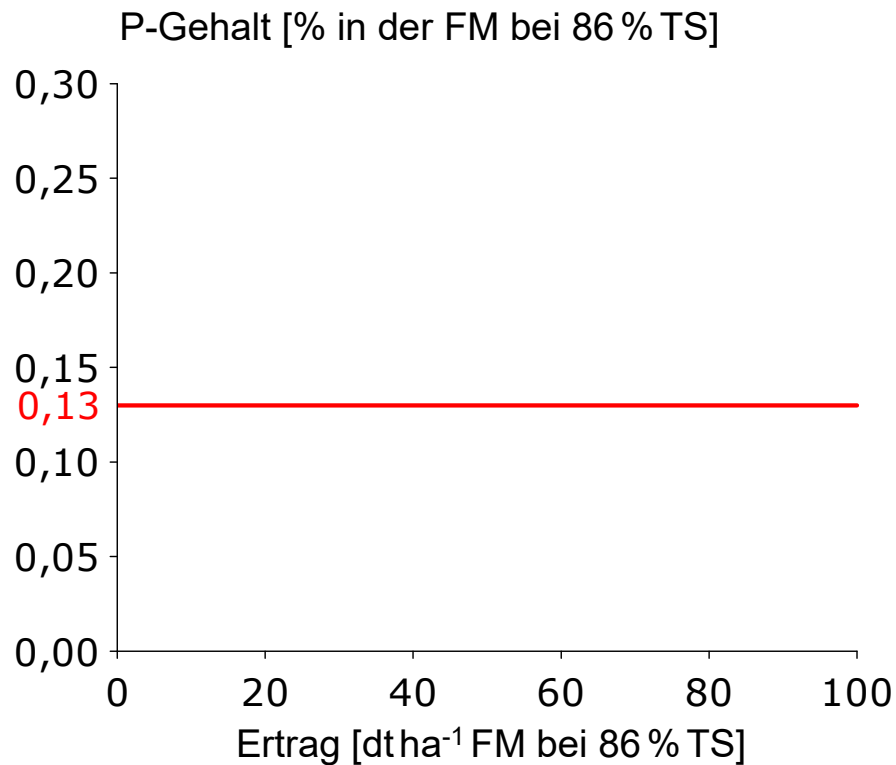
DFV M4



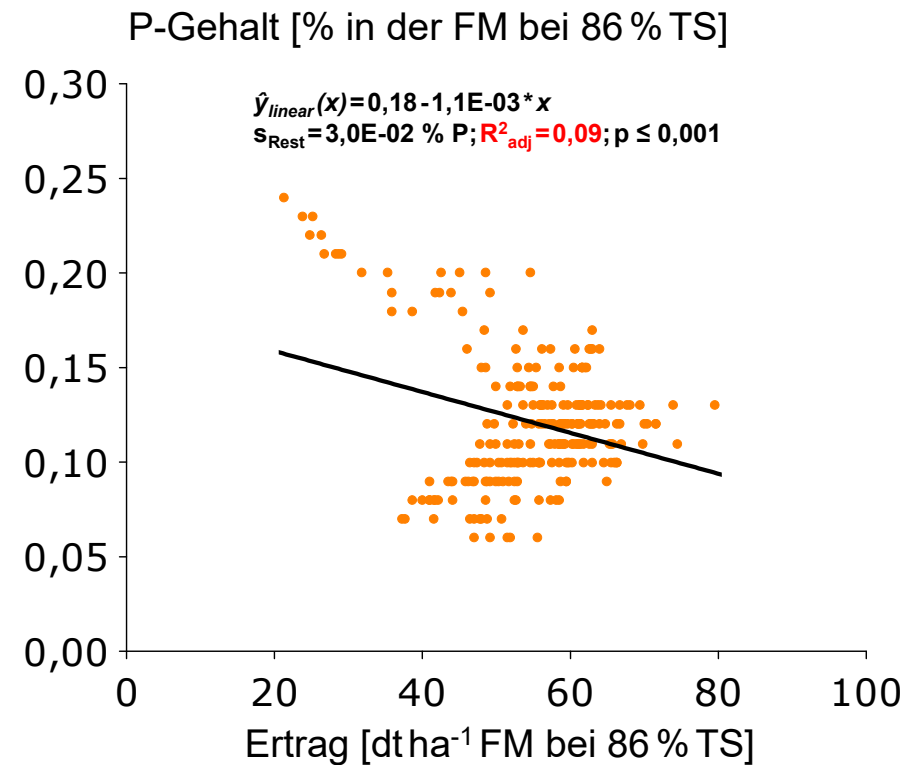
¹ $n_{MWadj} = 240, N = 960$

Phosphor-Gehalt in Roggen-Stroh¹

Richtwert DüV



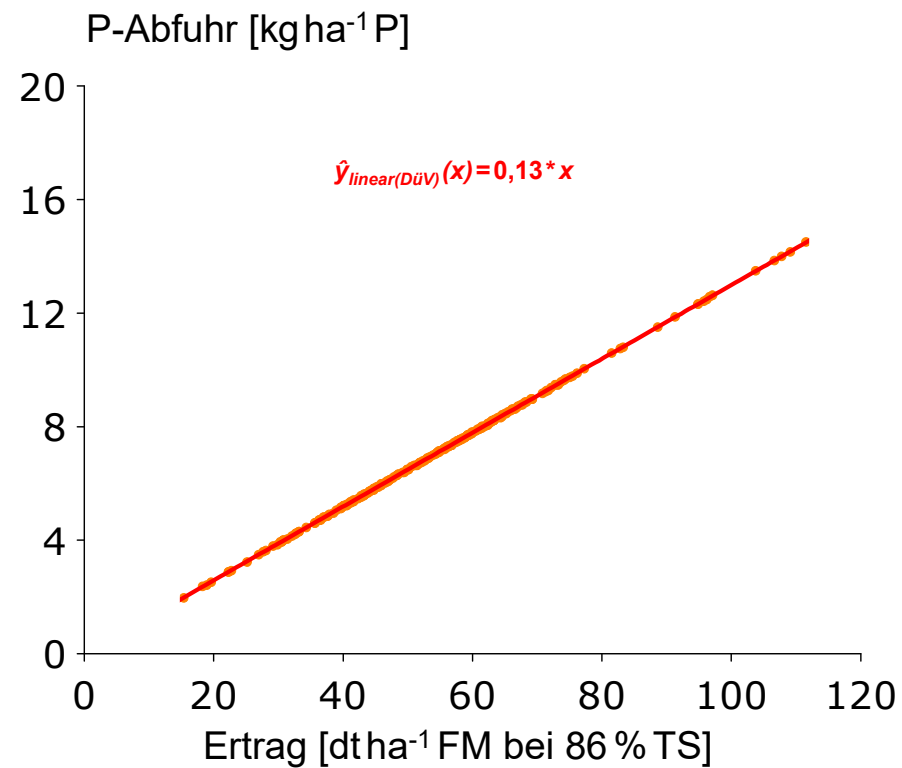
DFV M4 Groß Kreuz (2001-2020)



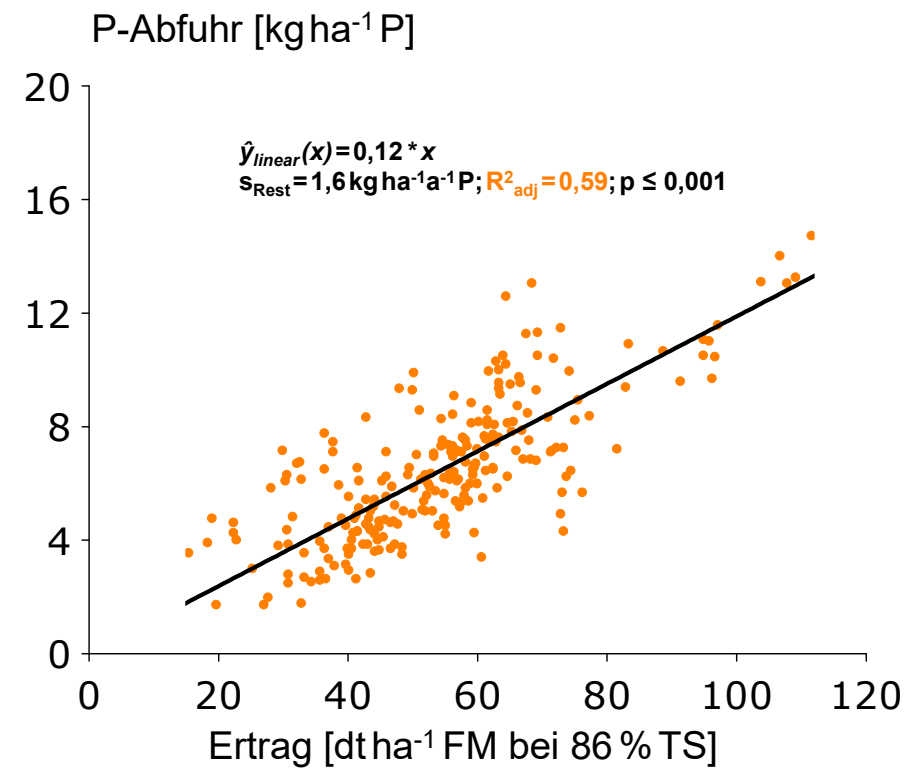
¹ n_{EW} = 240, N = 960

Phosphor-Abfuhr mit Roggen-Stroh im DFV M4 Groß Kreuz (2001-2020)¹

Berechnung nach DüV



DFV M4



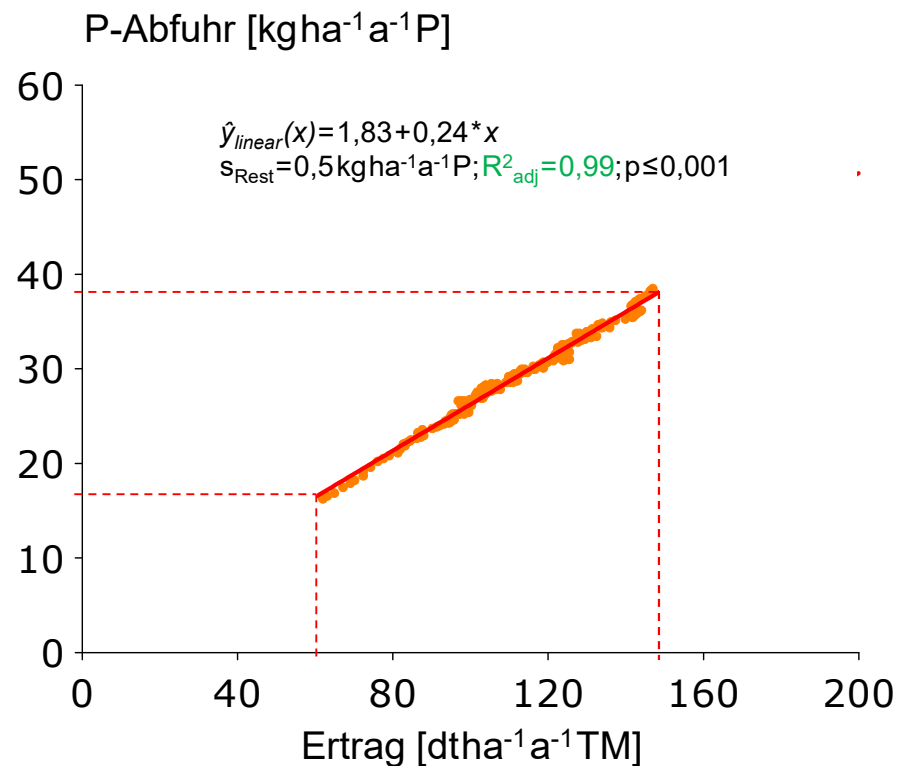
¹ $n_{MWadj} = 240, N = 960$

Fazit (1)

- **P-Düngung bei sehr hoher P-Bodenversorgung führt bei Silomais und Roggen(Korn + Stroh):**
 - **mit steigendem Ertrag zu einer höheren P-Abfuhr**
 - **im Vergleich zur verpflichtenden Berechnung der P-Abfuhr durch Anwendung der DüV-Richtwerte für den P-Gehalt (Anlage 7 zu § 3 Abs. 2 und 6 und § 4 Abs. 3 DüV)**
 - => **bei Silomais**
 - **bis 450 dt ha⁻¹a⁻¹ FM (28%TS) zu geringeren und**
 - **ab 450 dt ha⁻¹a⁻¹ FM (28%TS) zu stark ansteigenden P-Abfuhr (bis > 20 kg ha⁻¹ P)**
 - => **bei Roggen, insbesondere -Korn, zu geringeren P-Abfuhr**

Ableitung der P-Düngung anhand der P-Abfuhr mit dem Fruchtwechseleertrag im DFV M4 Groß Kreutz (2001-2020)¹

Verpflichtende Berechnung nach DüV



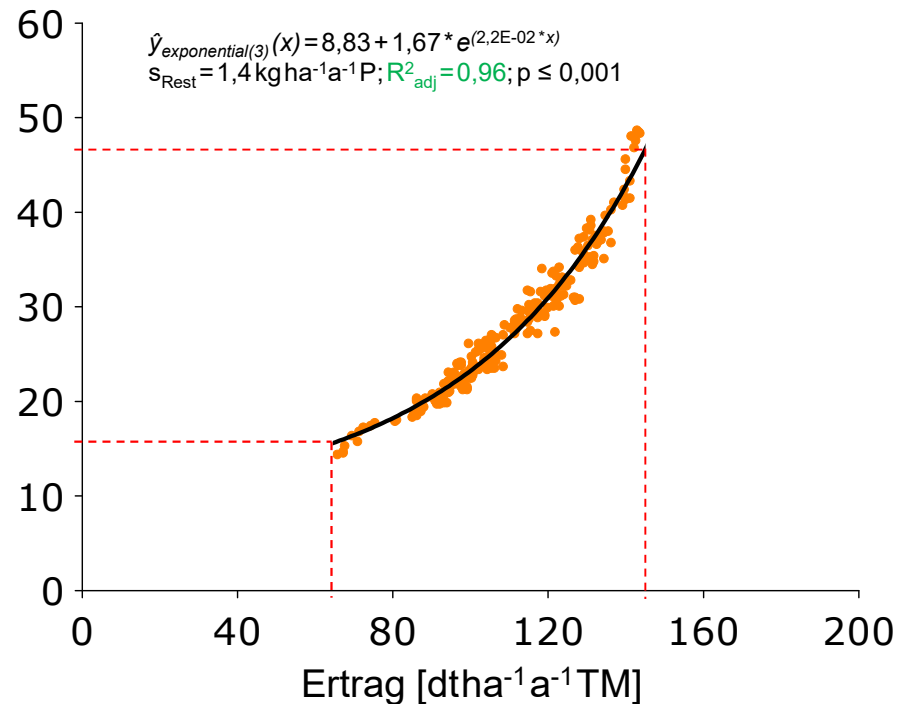
FW- Ertrag [$\text{dt ha}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ TM}$]	P- Abfuhr [$\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ P}$]	P-FW-Vorrats- düngung zu SM [$\text{kg ha}^{-1} \text{ P}$]
< 75	< 20	< 40
< 95	< 25	< 50
< 115	< 30	< 60
< 135	< 35	< 70
< 150	< 40	< 80

¹ $n_{MWadj} = 240, N = 960$

Ableitung der P-Düngung anhand der P-Abfuhr mit dem Fruchtwechselertrag im DFV M4 Groß Kreuz (2001-2020)¹

DFV M4

P-Abfuhr [kg ha⁻¹ a⁻¹ P]



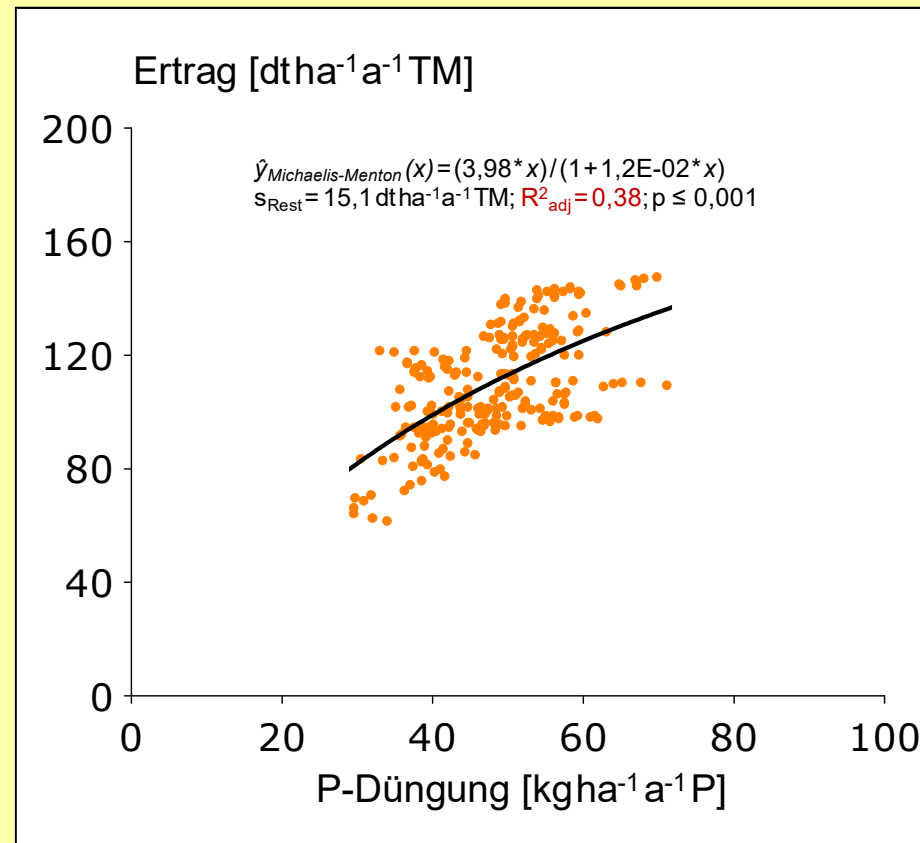
FW- Ertrag [dt ha ⁻¹ a ⁻¹ TM]	P- Abfuhr [kg ha ⁻¹ a ⁻¹ P]	P-FW-Vorrats- düngung zu SM [kg ha ⁻¹ P]
< 75	< 18	< 36 (- 4) ²
< 95	< 22	< 44 (- 6) ²
< 115	< 29	< 58 (- 2) ²
< 135	< 39	< 78 (+ 8) ²
< 150	< 51	< 102 (+ 22) ²

¹ n_{MWadj} = 240, N = 960, ² Differenz zu P-FW-Vorratsdüngung nach DüV

Fazit (1)

- **P-Düngung bei sehr hoher P-Bodenversorgung führt bei Silomais und Roggen(Korn + Stroh):**
 - mit steigendem Ertrag zu einer höheren P-Abfuhr
 - im Vergleich zur verpflichtenden Berechnung der P-Abfuhr durch Anwendung der DüV-Richtwerte für den P-Gehalt (Anlage 7 zu § 3 Abs. 2 und 6 und § 4 Abs. 3 DüV)
 - => bei Silomais
 - bis 450 dt ha⁻¹a⁻¹ FM (28%TS) zu geringeren und
 - ab 450 dt ha⁻¹a⁻¹ FM (28%TS) zu stark ansteigenden P-Abfuhr
 - => bei Roggen, insbesondere -Korn, zu geringeren P-Abfuhr
 - im Vergleich zum verpflichtenden DüV-Prozedere zu einer geringeren P-Düngungsempfehlung im niedrigen Ertragsbereich
 - im Vergleich zum verpflichtenden DüV-Prozedere zu einer deutlich höheren P-Düngungsempfehlung im hohen Ertragsbereich
- **Die deutschlandweit einheitlichen DüV-Richtwerte für den P-Gehalt sollten auf ihre Eignung für Brandenburger Standortbedingungen evaluiert und ggf. angepasst werden**

Sekundäre Ertragswirkung organisch-mineralischer P-Düngung bei sehr hoher P-Bodenversorgung im DFV M4 Groß Kreutz (2001-2020)¹



BEACHTE:
Primäre Ertrags-
wirkung org.-min.
Stickstoffdüngung !

¹ $n_{MWadj} = 240, N = 960$

Fazit (2)

- **Bei sehr hoher P-Bodenversorgung:**
 - **wird das Ertragsniveau primär durch die Höhe der Stickstoffdüngung bestimmt**
 - **ist die zusätzliche Ertragswirkung von organisch-mineralischer P-Düngung marginal**
 - **ist eine organisch-mineralische P-Düngung nicht zu empfehlen**
 - **kann die Ausnutzung der fachrechtlichen Möglichkeiten der DüV bei der P-Düngebedarfsermittlung als Indiz für zu versteckende P-Überschussprobleme angesehen werden**

Danke für's Zuhören !



<https://lelf.brandenburg.de/lelf/de/service/veroeffentlichungen/>

