

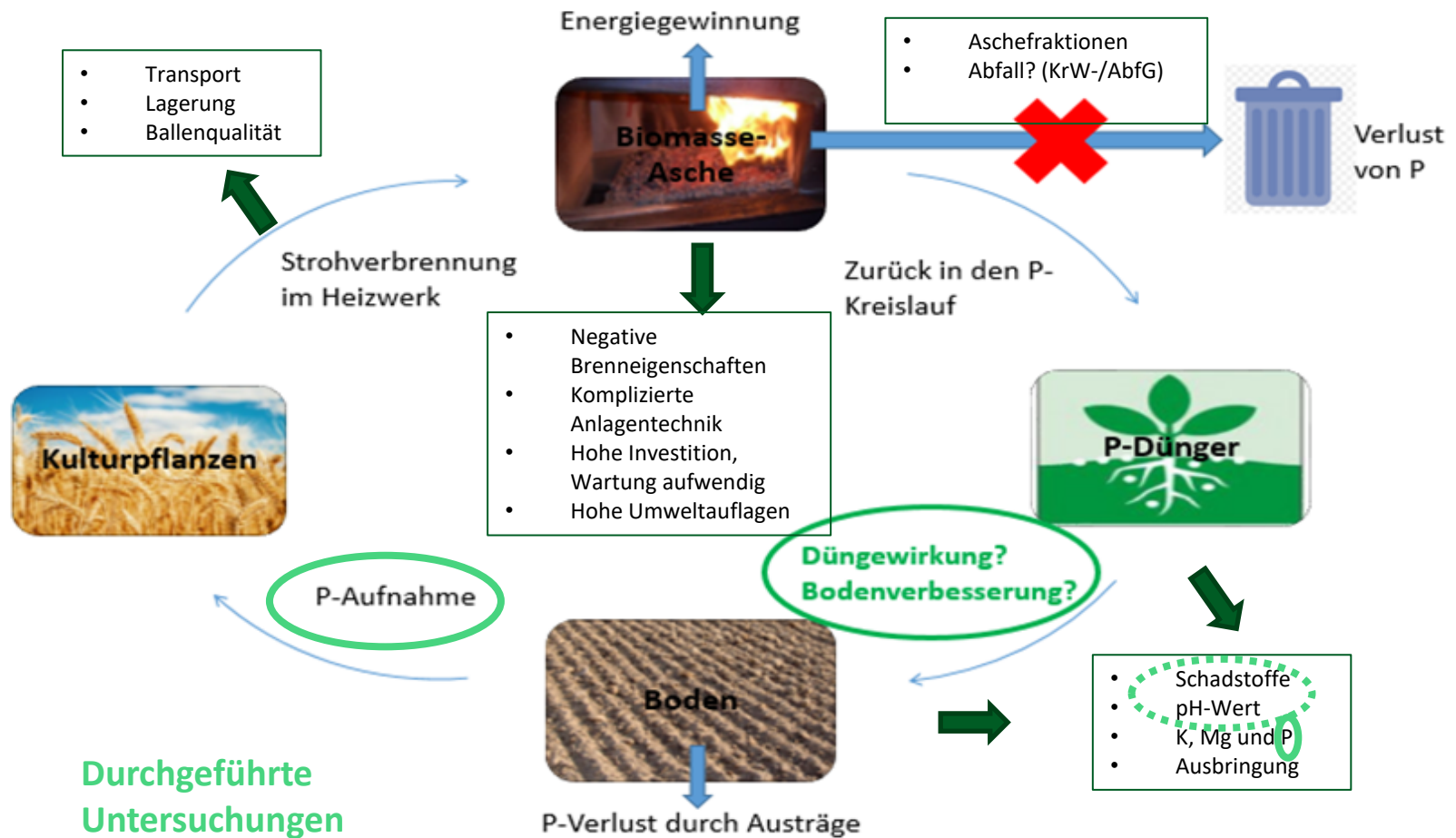
## Gefäß- und Feldversuche zur agronomischen Bewertung von Halmgutaschen

Philipp Koal<sup>1</sup>, Roland Bischof<sup>2</sup>, Jan Schlegel<sup>2</sup>, Thomas Hering<sup>2</sup> und Bettina Eichler-Löbermann<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Professur für Pflanzenbau, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Universität Rostock, Rostock; <sup>2</sup>Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und ländlichen Raum, Jena



# Einleitung

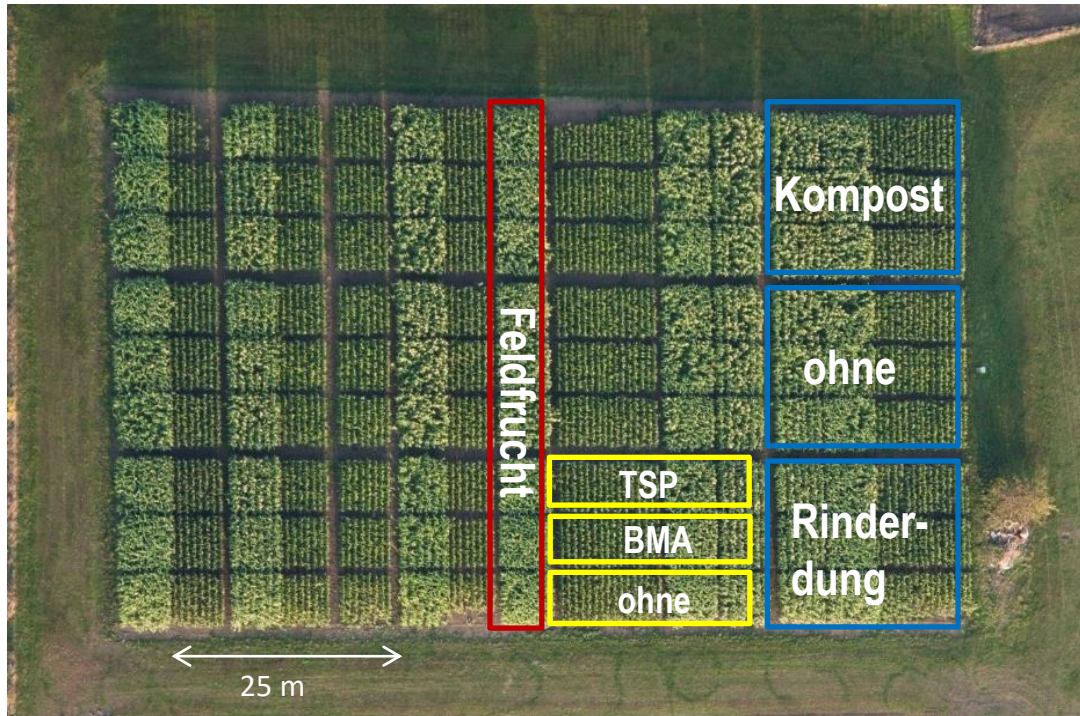


- **Projekt Biomasse-Asche-Monitoring (BAM):**
  - Mögliche Eingliederung der (Stroh-)Asche in natürliche Wachstumsprozesse im Bereich der landwirtschaftlichen Bodennutzung
  - Phosphorkreislauf (teilweise) schließen!?
  - Strohasche als Phosphor(P)-Dünger (agronomische Bewertung)
- **Untersuchungsziele/Forschungsfragen:**
  - 1. Welche Auswirkungen hat die Aschedüngung auf agronomische Kennwerte/Kenngrößen? Fokus auf Ertrag/Biomasse, P-Aufnahme und pflanzenverfügbares P**
  - 2. Vergleich mit handelsüblichem P-Dünger (TSP = Tripelsuperphosphat)**
  - 3. Ob und welchen Einfluss haben Ausgangsmaterial/Herkunft und Aufbereitung?**
  - 4. (Tiefergehende Untersuchungen (z.B. Phosphorfraktionen, Enzymaktivitäten, Schwermetalle...))**
- **Vorgehen:**
  - Analysen und Datenauswertung des Phosphor-Dauerfeldversuches (DFV) Rostock: Biomasse-Asche Düngung seit 2007
  - Zwei Gefäßversuche mit unterschiedlichen:
    - Stroh-Aschen (3)
    - Aufbereitungsformen (3)
    - Fruchtarten (3)
    - (Konzentrationsstufen (2))

- Beginn: 1998; P-Düngungsversuch, Bodenbearbeitung/Düngung/Management nach GfP
- Standort: etwa 15 km südlich der Ostseeküste
  - Mittlere Jahrestemperatur: 8.1 °C
  - Mittlere Jahresniederschlagssumme: 601 mm
  - Bodentextur: lehmiger Sand
  - Bodentyp: Stagnic Cambisol (WRB), pseudovergleyte Braunerde über Moränensand/-lehm (KA5)
  - Boden pH-Wert ( $\text{CaCl}_2$ ): ca. 5,9
- BMA-Düngung seit 2007: Ausgangsprodukte der applizierten Aschen: Holz, Stroh, Landschaftspflegematerial, Getreidekörner
- Boden- und Pflanzenanalytik (1-2 x pro Jahr)



## DFV Rostock „Stover Acker“



Luftbild, 2013

Split-Plot-Design in 4 Wiederholungen und 9 Düngevarianten:

- Kontrolle (ohne Düngung)
- Rinderdung
- Kompost
- Tripelsuperphosphat (TSP)
- Biomasse-Asche (BMA)
- TSP + Kompost
- TSP + Rinderdung
- BMA + Kompost
- BMA + Rinderdung

→ Seit 2007 viele unterschiedliche Fragestellungen bearbeitet → Einflüsse und Effekte auf P-Verfügbarkeit (Vorfrüchte, Zwischenfrüchte etc.)!

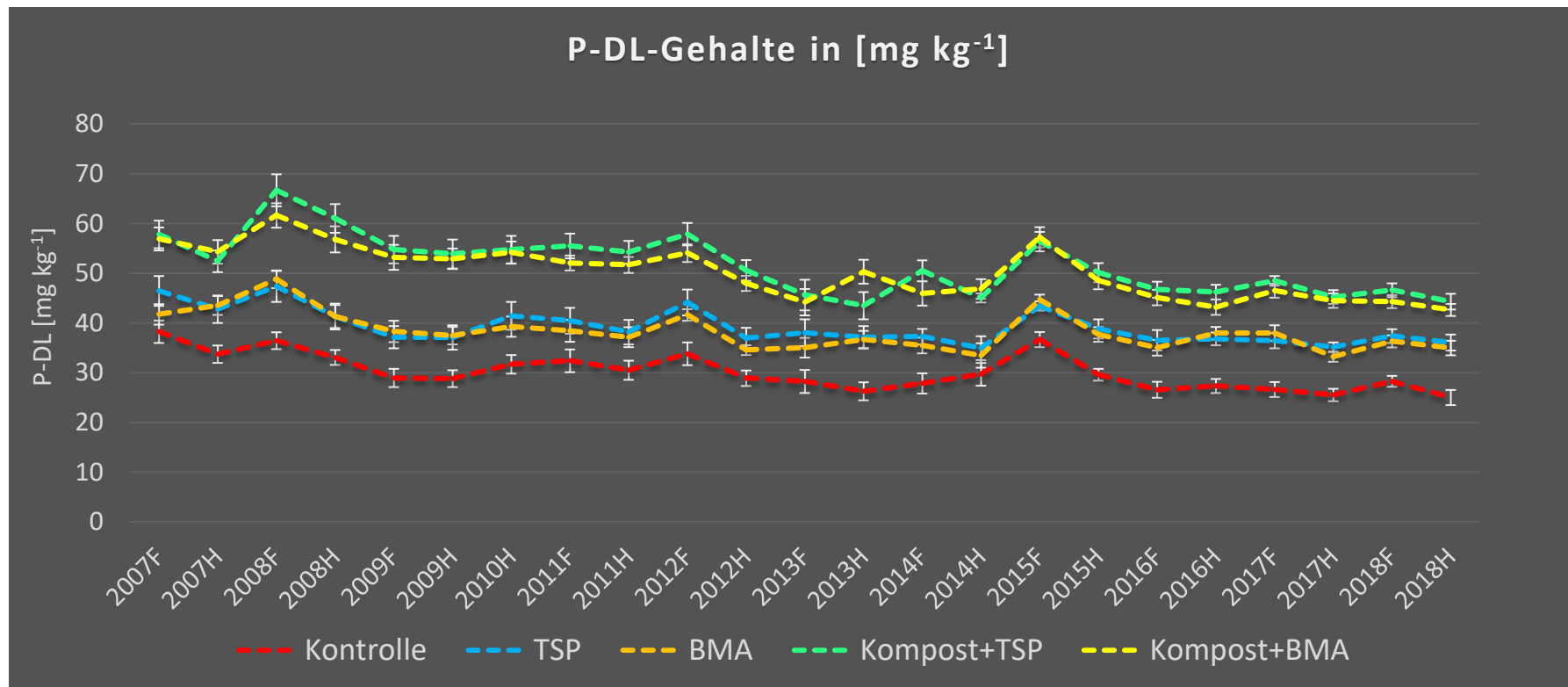
## DFV - P-Bilanz (2007 bis 2018) und P-Doppel-Laktatlösliches P (P-DL), (Mittel 2007 bis 2018)

Variante	P-Zufuhr	P-Aufnahme	P-Bilanz	Jährliche P-Bilanz	P-DL
	kg ha <sup>-1</sup>			kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>
Kontrolle	0	255	-255	-21,3	30,8
TSP	245	280	-35	-2,9	39,6
BMA	234	273	-52	-3,3	37,9
Dung + TSP	482	308	174	14,5	45,2
Dung + BMA	470	304	166	13,8	42,8
Kompost + TSP	464	307	147	13,1	51,5
Kompost + BMA	452	309	143	11,9	50,1

Initialer P-DL-Gehalt: 42,2 mg kg<sup>-1</sup>; Doppel-Laktatlösliche, pflanzenverfügbare Phosphor: P-Test-Verfahren welches für die Düngebedarfsermittlung herangezogen wird in M.-V.

TSP = Tripelsuperphosphat, BMA = Biomasse-Asche, Kompost = Biokompost, Dung = Rinderdung

## P-DL (Zeitverlauf 2007 bis 2018) nach Düngevarianten



Initialer P-DL-Gehalt:  $42,2 \text{ mg kg}^{-1}$ ;

TSP = Tripelsuperphosphat, BMA = Biomasse-Asche, Kompost = Biokompost, Dung = Rinderdung

## DFV - Prozentualer Mehrertrag der Düngevarianten zur Kontrolle (2007-2018) nach Fruchtarten

Variante	Mais (n=6)	Sorghum (n=3)	Sonnenblume (n=1)	Gesamt (n=12)
	% (dt/ha)			%
Kontrolle	0,0 (13,5) a	0,0 (11,2) a	0,0 (8,9) a	0 a
TSP	8,6 (14,9) b	6,3 (11,9) ab	6,6 (9,5) b	7,4 bc
BMA	7,8 (14,8) b	6,2 (11,9) ab	5,9 (9,4) b	6,6 b
Dung + TSP	12,6 (15,4) c	11,3 (12,4) c	8,7 (9,7) c	11,2 c
Dung + BMA	12,8 (15,5) c	10,7 (12,5) bc	5,0 (9,3) b	10,5 bc
Kompost + TSP	24,3 (17,0) d	20,8 (13,5) d	7,1 (9,5) bc	17,9 d
Kompost + BMA	24,9 (17,1) d	20,6 (13,5) d	6,5 (9,5) b	16,4 d

TSP = Tripelsuperphosphat, BMA = Biomasse-Asche, Kompost = Biokompost, Dung = Rinderdung; Buchstaben zeigen signifikant verschiedene Mittelwerte zwischen den Düngevarianten nach Fruchtart (Duncan-Test,  $p \leq 0,05$ ); n = Anzahl der Jahre; in Klammer; durchschnittlicher Ertrag in dt/ha



## DFV – Zwischenfazit

- Ertrag, leichtverfügbares P und P-Aufnahme der BMA-Varianten nicht signifikant geringer als bei den vergleichbaren TSP-Varianten
- Ausgangsmaterial und Herkunft: statistisch keine Auffälligkeiten \*
- Mischung mit Kompost/Dung: Ausbringung erleichtert, keinen negativen Einfluss
- Schwermetallkonzentrationen (Pb, Ni, Cr und Cd): keine Auffälligkeiten (Pflanze, Boden) im Vergleich mit anderen Düngevarianten/Kontrolle
- Trend zur Verlagerung von labilen P-Fraktionen zu stabilen P-Fraktionen über die Jahre hinweg → Abnahme PDL und wasserlösliches P; Zunahme HCl-lösliches P

\*Unterscheidung der Aschen und Rückschlüsse daraus werden auch durch andere Effekte/bearbeitete Fragestellungen überlagert

## Gefäßversuch 1 – Experimentaufbau

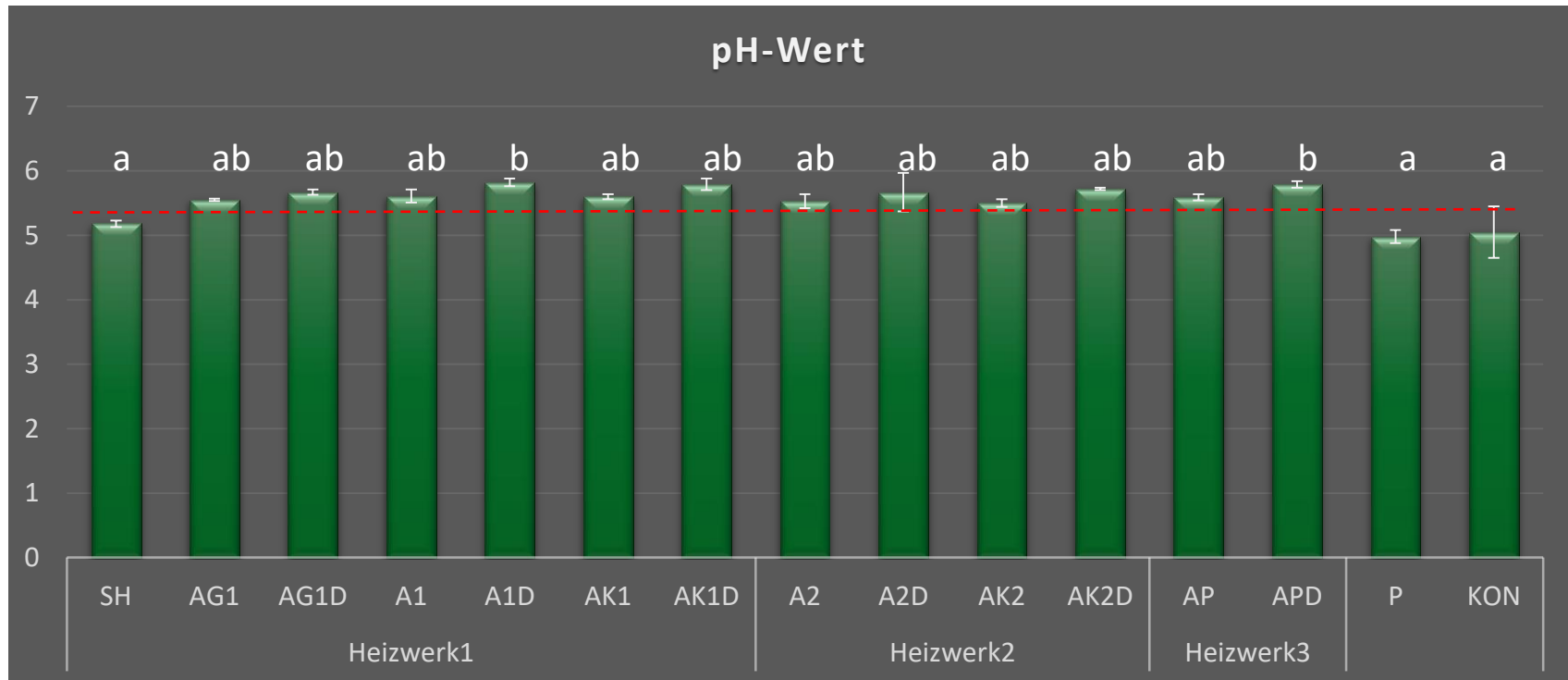
- Versuch im Gewächshaus der Uni Rostock, Juni-August 2018, 69 Tage
- 6 kg Boden in Mitscherlichgefäße, je Variante 4 Wiederholungen, randomisierter Aufbau
- Fruchtarten: Mais (wichtige Futter- und Energiepflanze), Amaranth (hohe Nährstoffaufnahme), Lupine (einheimische Eiweißpflanze)
- Vor Aussaat: Düngung benötigter Nährstoffe (N, K, Mg, S); Rohaschen, Aufbereitungsformen und P-Dünger in die obersten 0-5 cm eingearbeitet
- Lehmig-sandiger, P-arme Boden (Düngung auf Gehaltsklasse C)

Verwendeter Boden	PDL	KDL	MgDL	N	C	oTS	pH
	mg kg <sup>-1</sup>			%			
Kennwerte (Gehaltsklassen)	30,1 (A)	83,6 (C)	103 (C)	0,09	0,84	2,52	5,39 (B)

- **Rohasche:** unverarbeitete Asche (gesiebt, zur Schlackenvermeidung)
- **Kompaktat:** mechanisch gepresste Asche zu 0,5-1 cm große Granulate
- **Stroh-Asche-Gemisch:** 90 % Asche 10 % gehäckseltes Stroh, gemischt
- Varianten:
  - Heizwerk1 (Gerste- und Weizenstroh): **Rohasche (A1), Kompaktat (AK1), Stroh-Asche-Gemisch (AG1), Stroh (SH)**
  - Heizwerk2 (Weizenstroh): **Rohasche (A2), Kompaktat (AK2)**
  - Heizwerk3 (Paludikultur-Stroh; = Schilf, Seggen): **Rohasche (AP)**
  - **TSP (P), Kontrolle (KON)**
- Für alle Düngevarianten wurde entsprechende Menge für 0,21 g P pro Gefäß appliziert

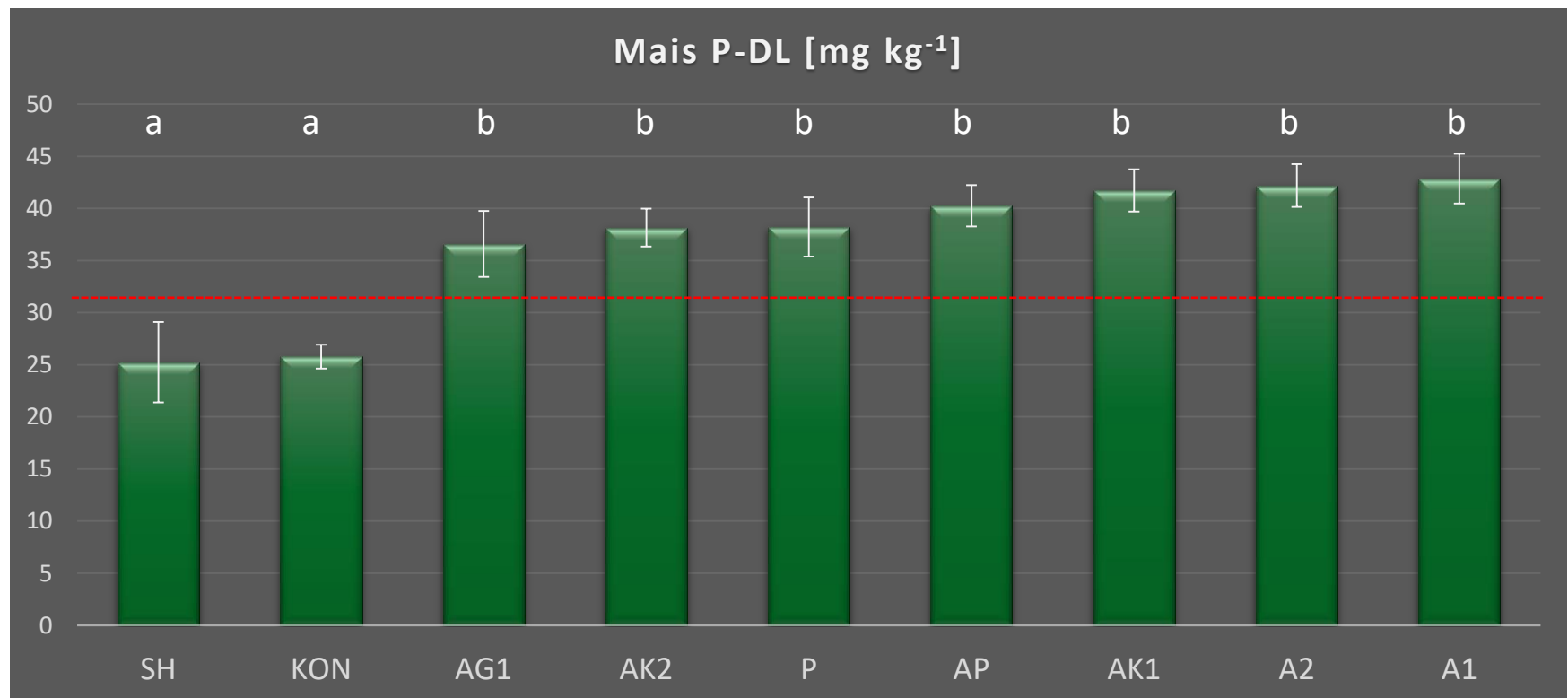
Kennwerte verwendeter Aschen/Granulate/Gemische				
Aschen/Granulate	pH	Ptot [%]	Ktot [%]	Mgtot [%]
SH (Ger.-Weiz.-Stroh)	7,4	0,14	1,35	0,22
A1 (Ger.-Weiz.-Stroh-Asche)	10,78	0,44	4,73	0,98
AK1 (Kompaktat)	10,64	0,44	4,73	0,98
AG1 (S.-A.-Gemisch)	10,25	0,42	4,31	0,89
A2 (Weizenstroh-Asche)	12,16	1,31	19,01	1,57
AK2 (Kompaktat)	12,19	1,31	19,01	1,57
AP (Paludikulturstroh-Asche)	13,13	2,09	6,64	4,32

## Gefäßversuch 1 – Veränderung pH-Wert des Bodens



KON = Kontrolle, SH = Stroh, P = Tripelsuperphosphat, A1 = Rohasche1, AK1 = Kompaktat1, AG1 = Asche-Gemisch2, A2 = Rohasche2, AK2 = Kompaktat2, AP = Paludikultur-Asche; D = doppelte applizierte Menge, 0,42 g P pro Topf; Linien zeigen die Spanne, Punkte den Mittelwert, Buchstaben zeigen signifikant verschiedene Mittelwerte zwischen den Düngervarianten (Duncan-Test,  $p \leq 0,05$ ); rot-gestrichelte Linie: Ausgangswert des Bodens (5,39)

## Gefäßversuch 1 – pflanzenverfügbare Phosphor P-DL



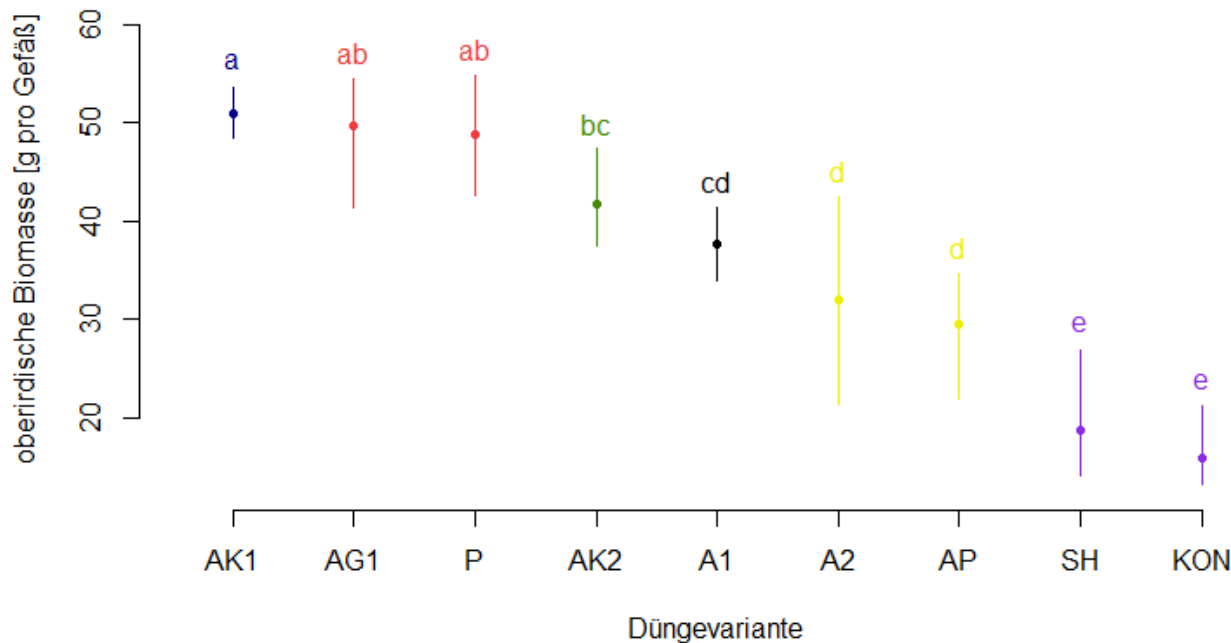
KON = Kontrolle, SH = Stroh, P = Tripelsuperphosphat, A1 = Rohasche1, AK1 = Kompaktat1, AG1 = Asche-Gemisch2, A2 = Rohasche2, AK2 = Kompaktat2, AP = Paludikultur-Asche; D = doppelte applizierte Menge, 0,42 g P pro Topf; Linien zeigen die Spanne, Punkte den Mittelwert, Buchstaben zeigen signifikant verschiedene Mittelwerte zwischen den Düngevarianten (Duncan-Test,  $p \leq 0,05$ ); rot-gestrichelte Linie: Ausgangswert des Bodens (30,09 mg kg<sup>-1</sup>)



# Gefäßversuch 1

## Ertrag (oberirdische Biomasse)

Gruppenweise Mittelwertvergleich, Amaranth

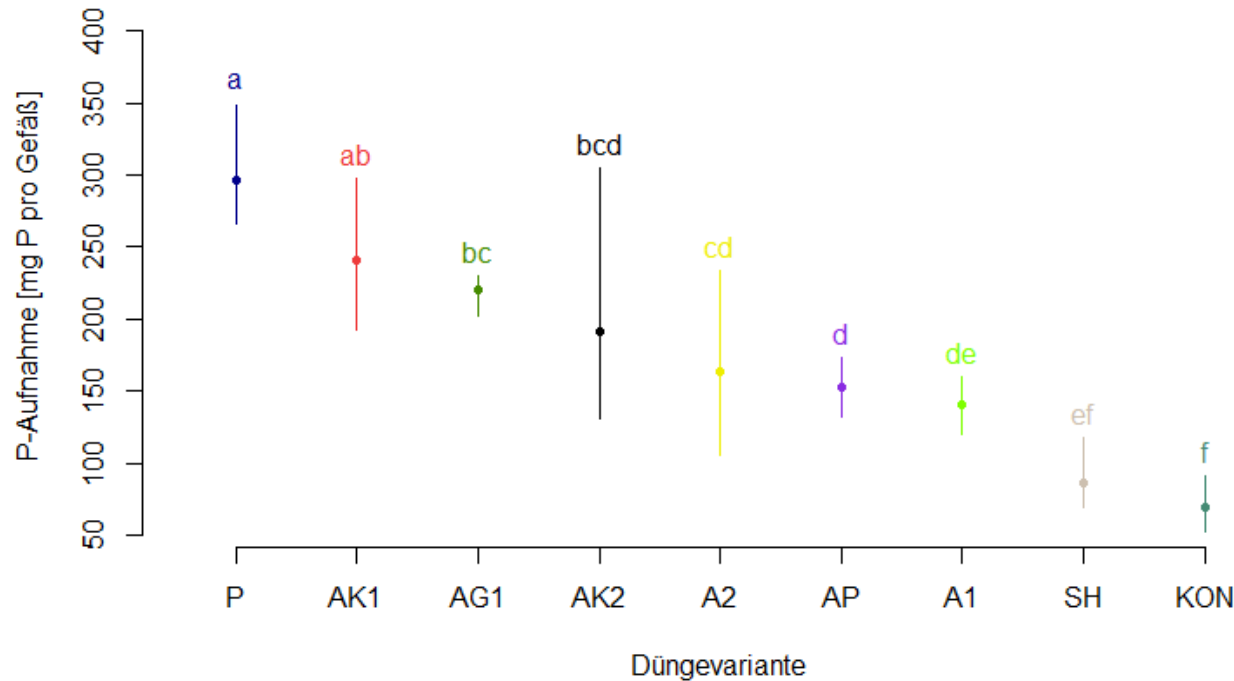


KON = Kontrolle, SH = Stroh, P = Tripelsuperphosphat, A1 = Rohasche1, AK1 = Kompaktat1, AG1 = Asche-Gemisch2, A2 = Rohasche2, AK2 = Kompaktat2, AP = Paludikultur-Asche; Linien zeigen die Spanne, Punkte den Mittelwert, Buchstaben zeigen signifikant verschiedene Mittelwerte zwischen den Düngevarianten (Duncan-Test,  $p \leq 0,05$ )

## Gefäßversuch 1

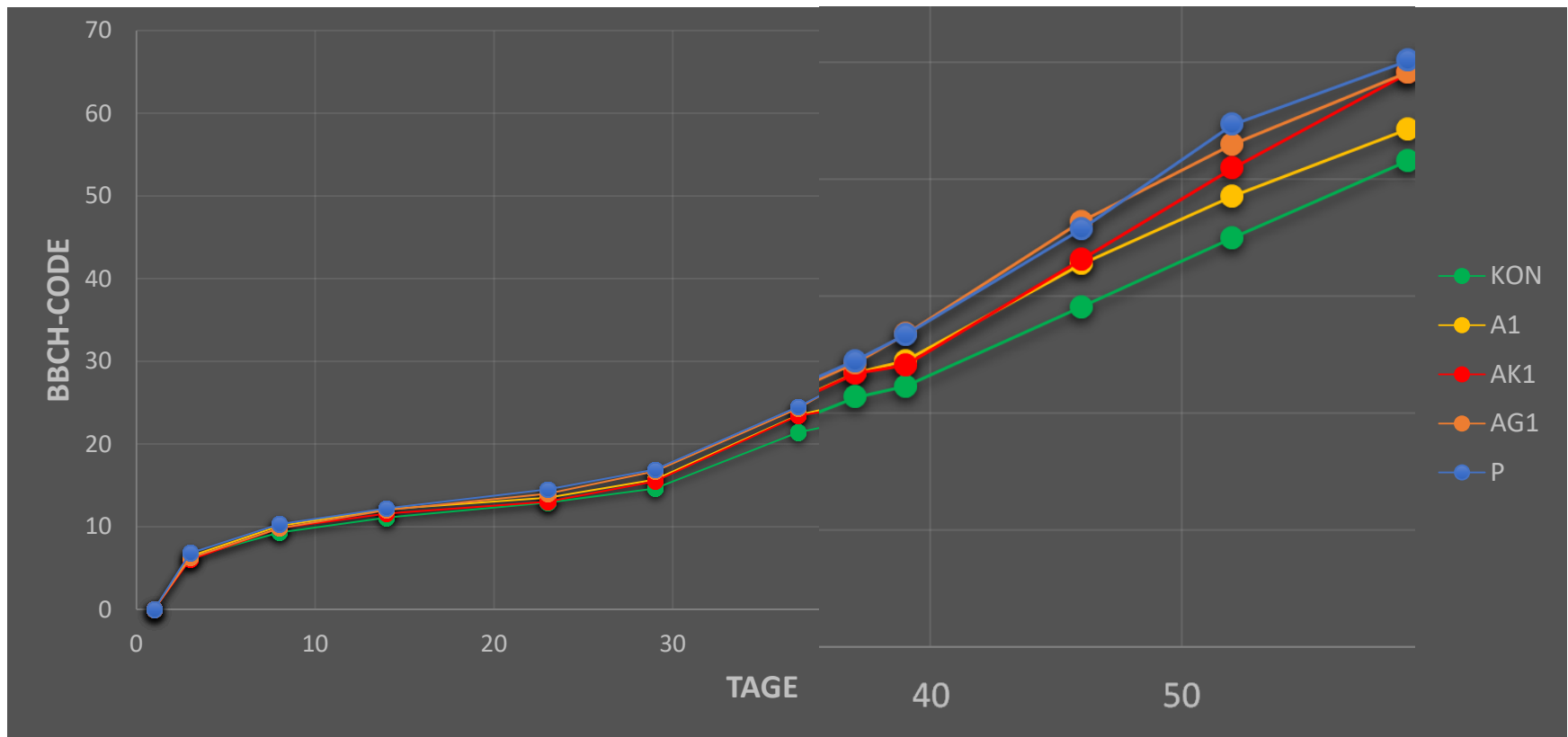
### Gruppenweise Mittelwertvergleich, Amaranth

### P-Aufnahme (pro Gefäß)



KON = Kontrolle, SH = Stroh, P = Tripelsuperphosphat, A1 = Rohasche1, AK1 = Kompaktat1, AG1 = Asche-Gemisch2, A2 = Rohasche2, AK2 = Kompaktat2, AP = Paludikultur-Asche; Linien zeigen die Spanne, Punkte den Mittelwert, Buchstaben zeigen signifikant verschiedene Mittelwerte zwischen den Düngevarianten (Duncan-Test,  $p \leq 0,05$ )

## Entwicklungsstadien der Pflanzen, Beispiel Mais



KON = Kontrolle, P = Tripelsuperphosphat, A1 = Rohasche1, AK1 = Kompaktat1, AG1 = Asche-Gemisch2; BBCH = Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Bundessortenamt und Chemische Industrie

### Gefäßversuch 1 – Fazit und weitere Ergebnisse

- Schwermetalluntersuchung Boden: keine Unterschiede zur Kontrollvariante
- Schwermetalluntersuchung Pflanzenmaterial: Cadmium bei Amaranth signifikant erhöht bei einer Aschevariante (0,44 mg/kg TM) im Vergleich zur Kontrolle (0,17 mg/kg TM), sonst keine Auffälligkeiten
- Düngung mit doppelter P-Menge (0,42 g pro Topf) führte zu leichter Ertragserhöhung, ca. 5-15 %, keine negativen Effekte
- Biomasse unterirdisch (Wurzeln) spiegeln die Ergebnisse der oberirdischen Biomasse wider
- Leicht erhöhte mikrobielle Biomasse/Enzymaktivität bei A1, AK1 und den Stroh-Asche-Gemischen (→ Kohlenstoff-Anteil)

### Gefäßversuch 1 – Fazit und weitere Ergebnisse

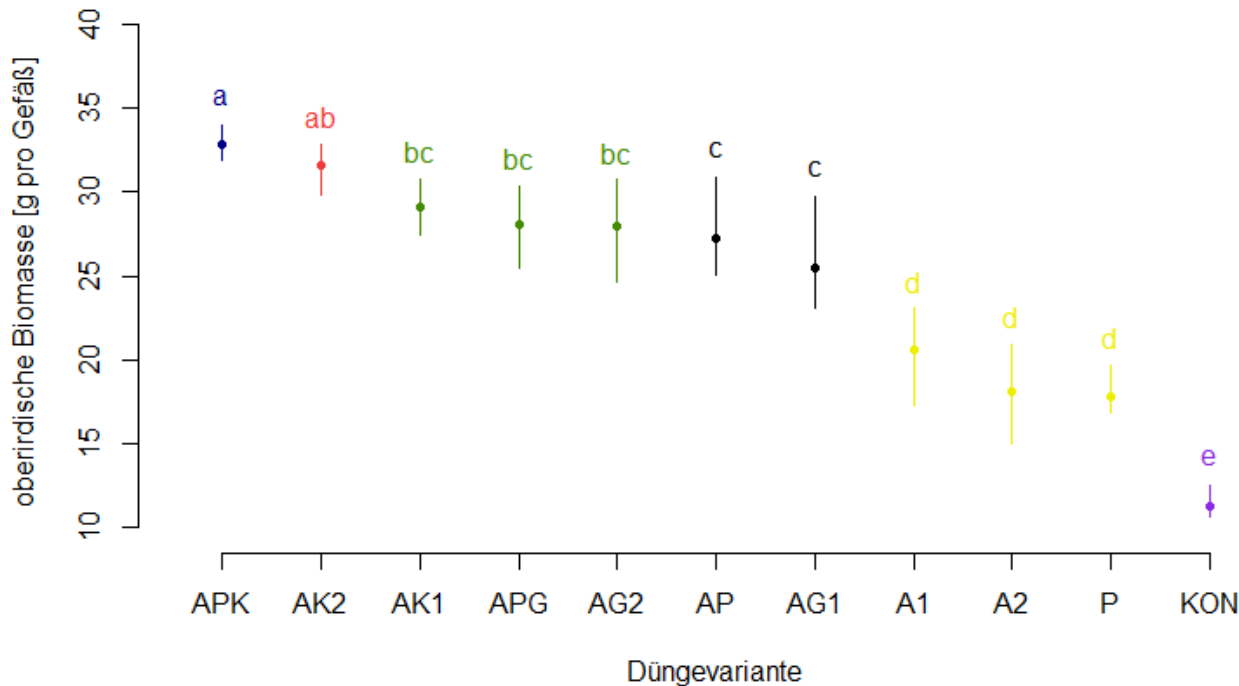
- Alle Aschevarianten mit signifikant erhöhter Düngewirkung gegenüber der Kontrolle
- Rohaschen mit Düngewirkung zwischen 45-70 %, Kompaktate und Stroh-Asche-Gemisch bei 80->100 %
- Fruchtarten zeigen Unterschiede in absoluten Werten (z.B. Biomasse), aber Werteverteilung bei den Düngevarianten mit ähnlicher Abfolge
- Verzögerte P-Verfügbarkeit durch Granulierung?! Blattzählungen und Größenmessungen der Pflanzen bestätigen Ergebnisse der BBCH-Code Schätzung
- → längerfristige Nährstoffverfügbarkeit im Vergleich zu TSP?



- Versuch im Gewächshaus der Uni Rostock, November 2018- Februar 2019, 3 x 60 Tage
- Gleicher Versuchsaufbau/Durchführung wie Gefäßversuch 1
- Lupine → Mais → Amaranth hintereinander ausgesät als Fruchtfolge, Wurzeln wurden bei Ernte zerkleinert und in Boden eingearbeitet
- Düngung: benötigte Nährstoffe (N, K, Mg, S) bei jeder Aussaat ausreichend appliziert, P nur einmalig;
- Varianten/Prüfglieder:
  - Heizwerk1 (Gerste- und Weizenstroh): **Rohasche (A1), Kompaktat (AK1), Stroh-Asche-Gemisch (AG1)**
  - Heizwerk2 (Weizenstroh): **Rohasche (A2), Kompaktat (AK2), Stroh-Asche-Gemisch (AG2)**
  - Heizwerk3 (Paludikultur-Stroh; = Schilf, Seggen): **Rohasche (AP), Kompaktat (APK), Stroh-Asche-Gemisch (APG)**
  - **TSP (P), Kontrolle (KON)**
- Für alle Düngevarianten wurde entsprechende Menge für 0,21 g P pro Gefäß appliziert

## Gefäßversuch 2

### Gruppenweise Mittelwertvergleich, Amaranth



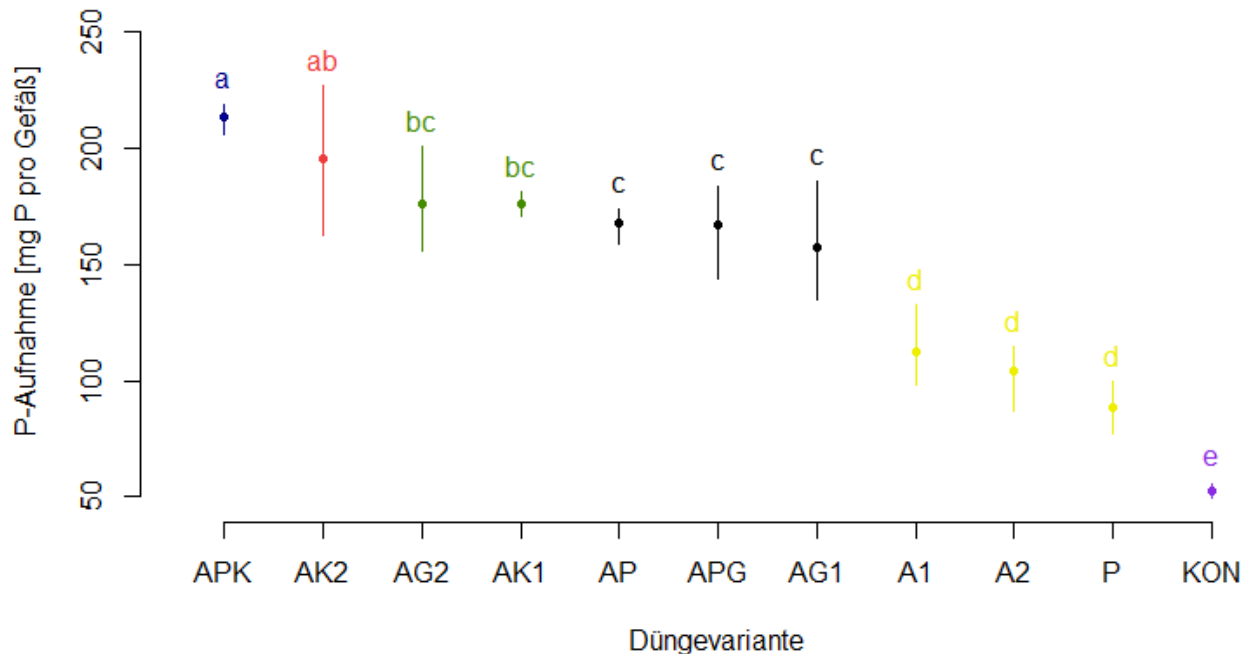
P-Aufnahme  
(pro Gefäß)

KON = Kontrolle, P = Tripelsuperphosphat, A1 = Rohasche1, AK1 = Kompaktat1, AG1 = Asche-Gemisch2, A2 = Rohasche2, AK2 = Kompaktat2, AG2 = Asche-Gemisch, AP = Paludikultur-Asche, APK = Paludi-Asche-Kompaktat. AGP = Paludi-Asche-Gemisch; Linien zeigen die Spanne, Punkte den Mittelwert, Buchstaben zeigen signifikant verschiedene Mittelwerte zwischen den Düngevarianten (Duncan-Test,  $p \leq 0,05$ )

## Gefäßversuch 2

### P-Aufnahme (pro Gefäß)

Gruppenweise Mittelwertvergleich, Amaranth



KON = Kontrolle, P = Tripelsuperphosphat, A1 = Rohasche1, AK1 = Kompaktat1, AG1 = Asche-Gemisch2, A2 = Rohasche2, AK2 = Kompaktat2, AG2 = Asche-Gemisch, AP = Paludikultur-Asche, APK = Paludi-Asche-Kompaktat. AGP = Paludi-Asche-Gemisch; Linien zeigen die Spanne, Punkte den Mittelwert, Buchstaben zeigen signifikant verschiedene Mittelwerte zwischen den Düngevarianten (Duncan-Test,  $p \leq 0,05$ )

## Gefäßversuch 2 – P-Ausnutzung

$$P\text{-Ausnutzung}(\%) = \frac{(P\text{-Aufnahme}^D - P\text{-Aufnahme}^K)}{P\text{-Zufuhr}} \times 100$$

$P\text{-Aufnahme}^D$       Aufgenommene Nährstoffmenge der gedüngten Variante, in mg Gefäß<sup>-1</sup>

$P\text{-Aufnahme}^K$       Aufgenommene Nährstoffmenge der ungedüngten Variante/Kontrolle, in mg Gefäß<sup>-1</sup>

$P\text{-Zufuhr}$       Applizierte P-Menge, in mg Gefäß<sup>-1</sup>

Nach Schnug und Haneklaus 2016

Düngevariante	P-Ausnutzung (%)
EA	23,33
EK	58,54
ED	49,92
GA	24,61
GK	68,10
GD	58,88
AP	34,80
APK	76,51
APG	54,46
P	36,96
KO	0,00

KON = Kontrolle, P = Tripelsuperphosphat, A1 = Rohasche1, AK1 = Kompaktat1, AG1 = Asche-Gemisch2, A2 = Rohasche2, AK2 = Kompaktat2, AG2 = Asche-Gemisch, AP = Paludikultur-Asche, APK = Paludi-Asche-Kompaktat. AGP = Paludi-Asche-Gemisch;

### Gefäßversuch 2 – Fazit und Schlussfolgerungen

- Unterschiede innerhalb der getesteten Aschen sehr hoch → Qualitätsstandard notwendig?
- Alle Aschevarianten zeigen signifikanten Unterschied zur Kontrolle bei Biomasse-Ertrag, P-Aufnahme und pflanzenverfügbares P
- Kompaktate mit vergleichbaren Biomasse-Erträgen zu TSP → Ausbringung erleichtert, Langzeit-Effekt?!
- Stroh-Asche-Dünger im Vergleich mit teilweise höheren Erträgen → einfache Herstellung (nur mechanisch), mögliche Option für einen Dünger?
- Einfluss auf Düngewirkung: Herkunft/Ausgangsmaterial < Aufbereitung
- Weitere Vorteile der Aschen im Vergleich zu TSP: pH-Wert-Erhöhung, weitere Nährstoffe (Mg, K, Mikronährstoffe) zu beachten!
- Schadstoffe in der Untersuchung: keine negativen Auswirkungen
- Untersuchungen auf gegebene Parameter (pH-Wert, Bodenart, etc...) beschränkt und nur für diese aussagekräftig!



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

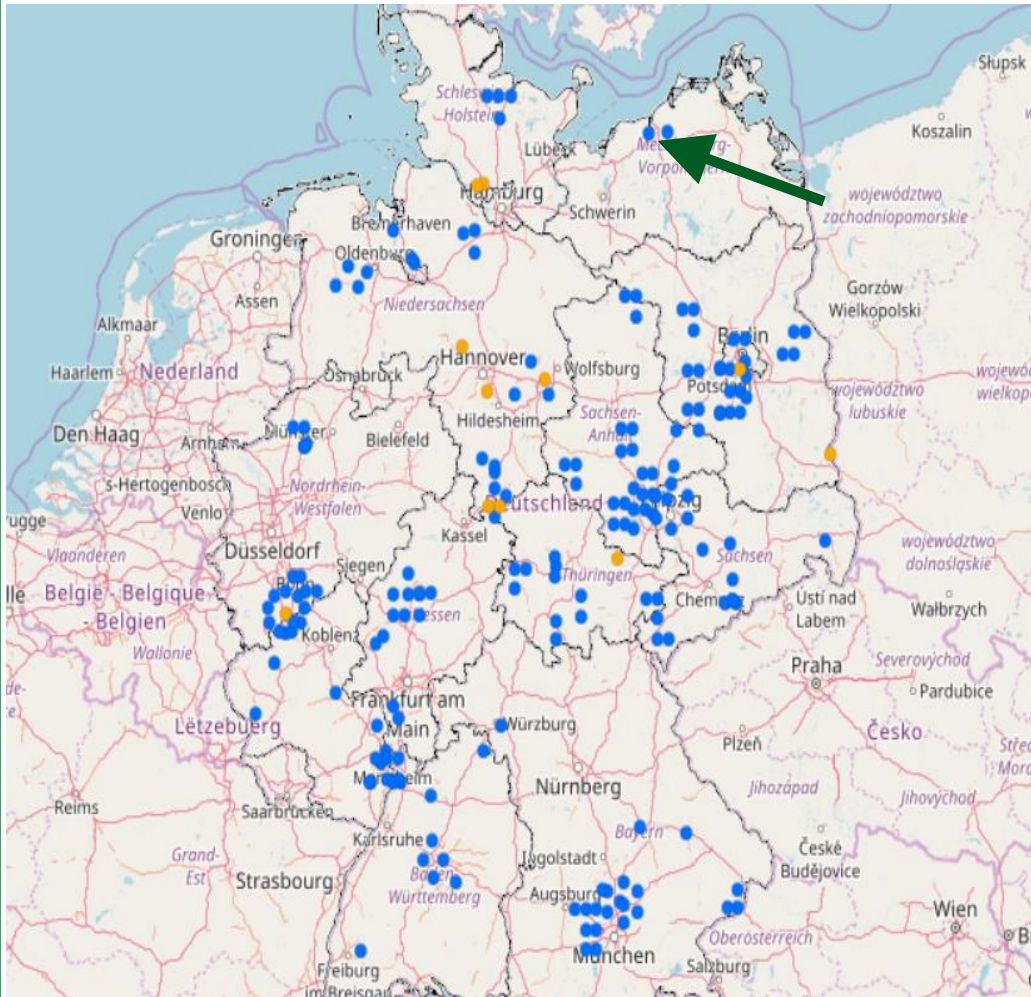
RGB, Mai 2018

NDVI, Mai 2018

NDVI, Juni 2018



## Langzeit-Feldversuche in Deutschland



- Phosphorforschung:  
<https://wissenschaftscampus-rostock.de/>
  - Langzeitfeldversuche:
    - Nachhaltige Nutzung der begrenzten Ressource Boden
    - Erweiterung des wissenschaftlichen Verständnisses
    - Verbesserung der Bodenproduktivität
- Langzeit-Feldversuche dringend benötigt  
<https://www.bonares.de>