

Asche als alternativer Dünger? Agronomische Effektivität von Biomasse-Aschen als Phosphordünger

Philipp Koal¹, Theresa Zicker¹, Roland Bischof², Jan Schlegel², Ralf Uptmoor¹ und Bettina Eichler-Löbermann¹

E-Mail: philipp.koal@uni-rostock.de

¹Professur für Pflanzenbau, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Universität Rostock, Rostock; ²Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena



Einleitung

- Erklärtes Ziel der EU: bis 2025 den Anteil der Biomasse an der Primärenergiebereitstellung auf rund 8 % steigern (in D: ca. 6,9 %, BMU 2017)
- Verstärkte Nutzung biogener Energieträger zur Fern- und Prozesswärmebereitstellung (z.B. Stroh)
- Umweltverträglichere Verwertung der anfallenden Biomasse-Aschen (BMA) nötig
- Projekt Biomasse-Asche-Monitoring:
 - Wiedereingliederung der Asche in natürliche Wachstumsprozesse im Bereich der landwirtschaftlichen Bodennutzung
 - Phosphorkreislauf schließen!
 - Feld- und Gefäßversuche Uni Rostock, agronomische Bewertung (Phosphor-Dünger)

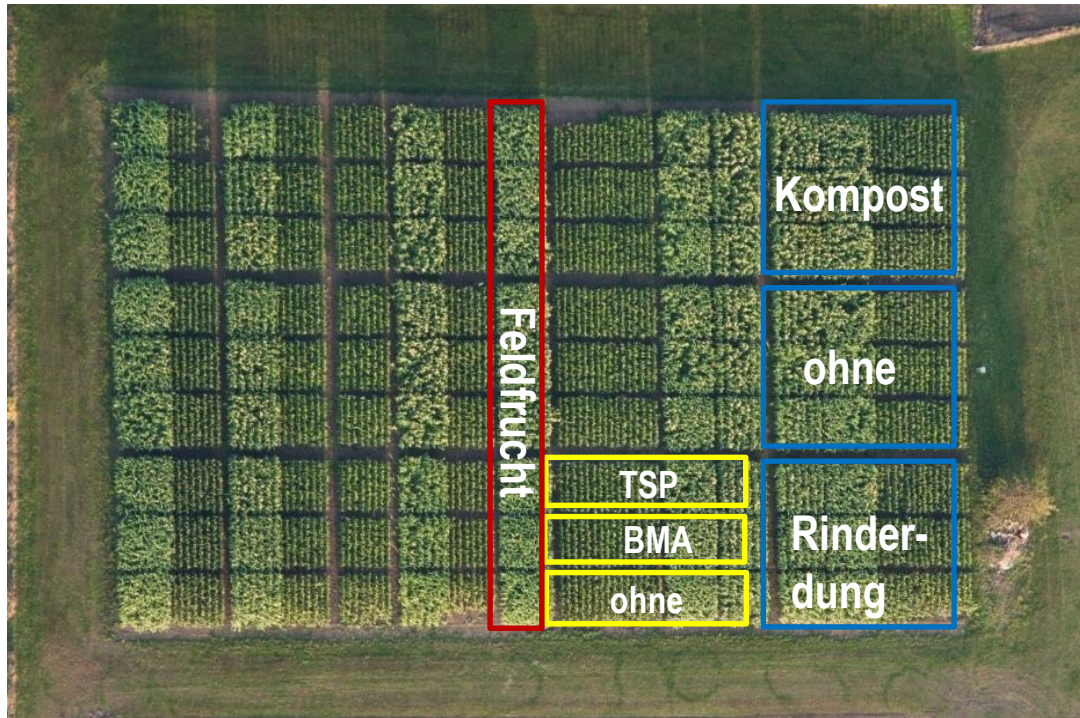
Einleitung



Langzeit-Feldversuch (LZF) Rostock

- Beginn: 1998; Phosphor (P)-Düngungsversuch, Bodenbearbeitung/Düngung nach GfP; BMA-Düngung seit 2007 (Holzasche, Strohasche, Getreidekornasche)
- Split-plot-design mit 4 Wiederholungen
- Standort: etwa 15 km südlich der Ostseeküste
 - Mittlere Jahrestemperatur: 8.1 °C
 - Mittlere Jahresniederschlagssumme: 600 mm
 - Bodentextur: lehmiger Sand
 - Bodentyp: Stagnic Cambisol (WRB), pseudovergleyte Braunerde über Moränensand/-lehm (KA5)
 - Boden pH-Wert (CaCl₂): 5.9
- Boden- und Pflanzenanalytik (1-2 x pro Jahr)

LZF Rostock „Stover Acker“



Luftbild 2013

9 Düngevarianten:

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

Initialer DoppelLaktat (DL)-P-Gehalt: 42,2 mg P kg⁻¹ Boden

LZF - P-Bilanz (2007 bis 2016, kg ha⁻¹); P-DL (Mittel 2007 bis 2016, mg kg⁻¹)

Variante	P-Zufuhr	P-Aufnahme	P-Bilanz	Jährliche P-Bilanz	P-DL
Kontrolle	0	217	-217	-21,7	31,6 a
TSP	205	242	-37	-3,7	40,1 b
Biomasse-Asche	174	226	-52	-5,2	39,0 b
Dung	196	239	-43,5	-4,35	39,2 b
Dung + TSP	400	239	161	16,1	46,2 c
Dung + BMA	370	248	122	12,2	43,6 bc
Kompost	198	241	-43,5	-4,35	44,6 c
Kompost + TSP	402	255	148	14,8	52,7 d
Kompost + BMA	372	261	111	11,1	51,5 d

Initialer P-DL-Gehalt: 42,2 mg kg⁻¹;

TSP = Tripel-Superphosphat, BMA = Biomasse-Asche, Kompost = Biokompost, Dung = Rinderdung; Buchstaben zeigen signifikant verschiedene Mittelwerte zwischen den Düngevarianten nach Fruchtart (Duncan-Test, p ≤ 0,05)

LZF - Prozentualer Mehrertrag der Düngevarianten zur Kontrolle (2007-2016) nach Fruchtarten

Variante	Mais (n=6)	Sorghum (n=2)	Winterroggen (n=1)	Sonnen- blume (n=1)	Gesamt (n=10)
Kontrolle	0 (13,5) a	0 (11,1) a	0 (9,8) a	0 (8,9) a	0 (12,2) a
TSP	8,88 b	6,31 b	1,37 a	6,61 b	7,39 b
BMA	7,56 b	6,76 b	0,84 a	5,94 b	6,57 b
Rinderdung	12,54 c	11,26 c	6,54 b	9,63 c	11,39 c
Dung + TSP	12,63 c	11,26 c	5,38 bc	8,73 c	11,24 c
Dung + BMA	12,58 c	10,81 c	3,06 c	5,04 b	10,52 c
Kompost	21,16 d	18,92 d	6,54 b	5,04 b	17,64 d
Kompost + TSP	23,92 e	20,72 e	6,55 b	7,05 bc	19,86 e
Kompost + BMA	24,93 e	20,72 e	6,55 b	6,49 b	20,41 e

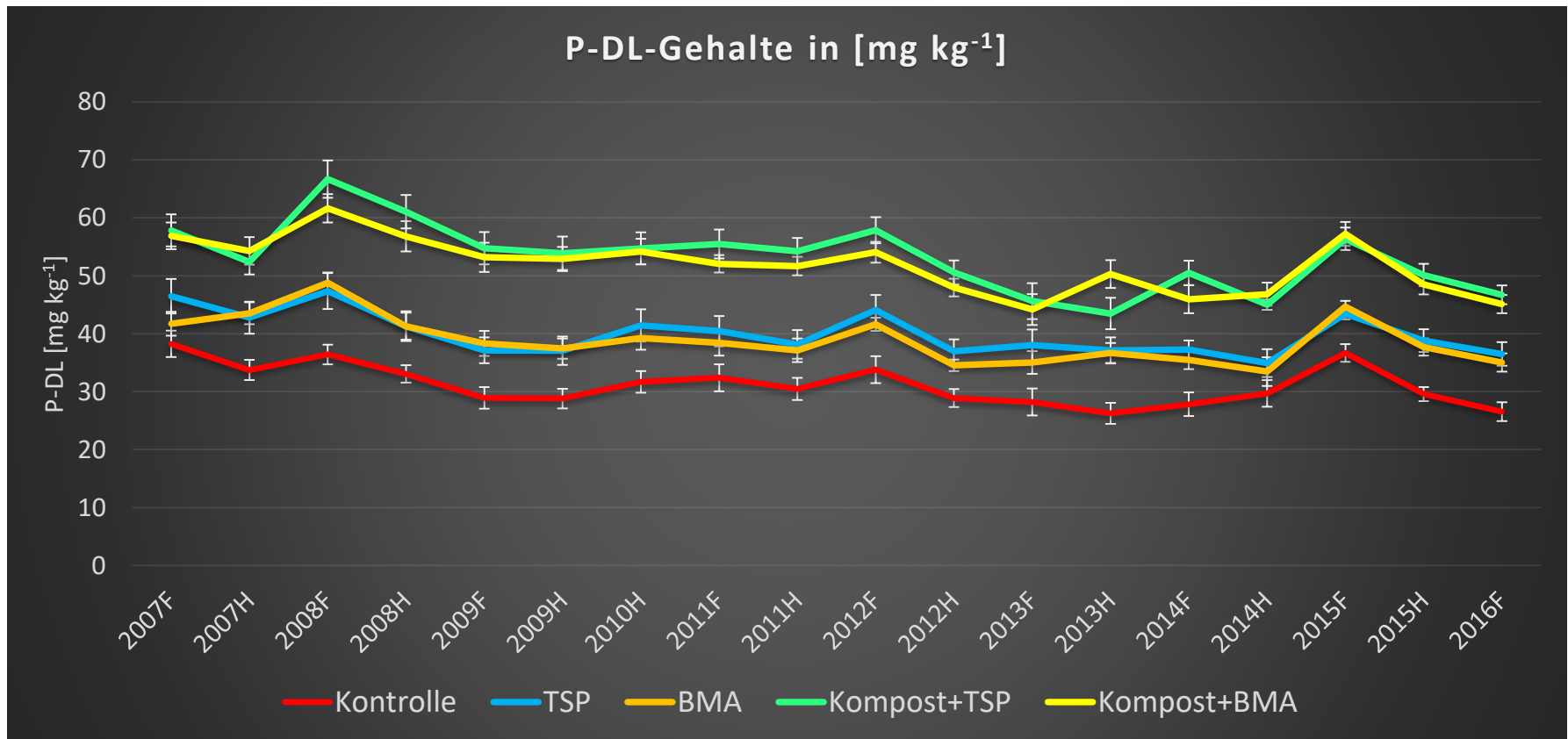
TSP = Tripel-Superphosphat, BMA = Biomasse-Asche, Kompost = Biokompost, Dung = Rinderdung; Buchstaben zeigen signifikant verschiedene Mittelwerte zwischen den Düngevarianten nach Fruchtart (Duncan-Test, $p \leq 0,05$); n = Anzahl der Jahre; in Klammer; durchschnittlicher Ertrag in dt/ha

LZF - P-Entzug (Mittel 2007 bis 2016, kg ha⁻¹) nach Fruchtarten und Düngevarianten

Variante	Mais (n=6)	Sorghum (n=2)	Winterroggen (n=1)	Sonnenblume (n=1)	Gesamt (n=10)
Kontrolle	22,0 (0,54) a	18,7 (0,96) a	41,3 (1,81) a	26,0 (2,02) a	21,5 a
TSP	25,5 (0,31) b	19,7 (1,36) a	42,6 (1,12) a	32,2 (0,58) b	26,7 b
BMA	23,0 (0,73) ab	19,9 (0,57) a	41,4 (0,95) a	30,4 (0,84) b	24,9 ab
Kompost + TSP	30,6 (1,41) c	22,0 (0,74) b	45,4 (1,36) b	36,5 (1,93) c	30,9 c
Kompost + BMA	29,1 (0,38) c	22,1 (0,50) b	44,8 (1,21) b	38,7 (1,47) b	30,3 c

TSP = Tripel-Superphosphat, 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 Klammern die Standardabweichung

P-DL (Zeitverlauf 2007 bis 2016, mg kg^{-1}) nach Düngevarianten



Gefäßversuch – Experimentaufbau

- Gewächshaus Uni Rostock, 6 kg Boden in Mitscherlichgefäße, je Variante 4 Wiederholungen
- Varianten: Aschen/Ascheprodukte aus 3 Heizwerken, TSP, Kontrolle
- Fruchtarten: Mais (wichtige Futter- und Energiepflanze), Amaranth (hohe Nährstoffaufnahme), Lupine (einheimische Eiweißpflanze)
- Vor Aussaat: Düngung benötigter Nährstoffe (N, K, Mg, S)
- Versuch im Gewächshaus, Juni-August 2018
- Lehmig-sandiger, P-armer Boden

Verwendeter Boden	Pdl [mg/kg]	Kdl [mg/kg]	Mgdl [mg/kg]	N [%]	C [%]	oTS [%]	pH
Kennwerte (Gehaltsklassen)	30,1 (A)	83,6 (C)	103 (C)	0,09	0,84	2,52	5,39 (B)

Gefäßversuch – Verwendete Aschen

- Rohasche: unverarbeitete Asche (gesiebt, zur Schlackenvermeidung)
- Kompaktat: mechanisch gepresste Asche zu 0,5-1 cm großen Kügelchen
- Stroh-Asche-Dünger: 90 % Asche 10 % gehäckseltes Stroh, gemischt



RAL-GZ 252

Zertifikat 2018
organisch-mineralischer
PK-Dünger

Nr.: 2-2018 BEKW Emlichheim

organisch-mineralischer
PK-Dünger gemäß
Düngemittelverordnung

Herkunft: BEKW Emlichheim
BEKW Emsland GmbH & Co. KG
Neuerostraße 5, 49824 Emlichheim

Verwendete Aschen/Granulate

Aschen/Granulate	pH	Ptot [%]	Ktot [%]	Mgtot [%]
Emlichheim Asche	10,78	0,44	4,73	0,98
Emlichheim Kompaktat	10,64	0,44	4,73	0,98
Emlichheim ASDünger	10,25	0,42	4,31	0,89
Gülzow Asche	12,16	1,31	19,01	1,57
Gülzow Kompaktat	12,19	1,31	19,01	1,57
Malchin Asche	13,13	2,09	6,64	4,32

Gefäßversuch – Verwendete Aschen / Varianten

- Heizwerk Emlichheim: Rohasche (EA), Kompaktat (EK), Stroh-Asche-Dünger (ED), Stroh (SH) → aus Weizen- und Gerstenstroh
- Heizwerk Gülzow: Rohasche (GA), Kompaktat (GK) → aus Weizenstroh
- Heizwerk Malchin: Rohasche (MA) → aus Paludikultur (Schilf, Seggen)
- Kontrolle (KON), KCl (K), TSP (P), TSP + KCl (PK)
- Für alle Asche-Varianten einfache (0,21 g P pro Topf) und doppelte (0,42 g P pro Topf) Mengen (z.B. MA2, EK2) → 0,21 g P pro Topf entspricht üblicher Düngeempfehlung
- Insgesamt 17 Varianten

Gefäßversuch – TM-Ertrag, prozentualer Mehrertrag zur Kontrolle im Verhältnis zu TSP

		Mais	Lupine	Amaranth
Heizwerk	Variante	TM-Ertrag Pflanzen [%]		
Emlichheim	Stroh (SH)	4,6	22,1	-6,4
	Strohdünger (ED)	93,9	98,7	82,4
	Rohasche (EA)	66,7	58,3	70,5
	Kompaktat (EK)	106,5	96,4	91,7
Gülzow	Rohasche (GA)	58,9	49,4	63,0
	Kompaktat (GK)	120,7	96,3	90,0
Malchin	Rohasche (MA)	36,3	56,6	41,5
	TSP (P)	100 (103,1)	100 (15,8)	100 (45,0)
	Kontrolle (KON)	0 (78,2)	0 (9,7)	0 (26,2)

Mehrertrag zur Kontrolle im Verhältnis zu TSP (TSP=100)

≥ 80

≥ 50

< 50

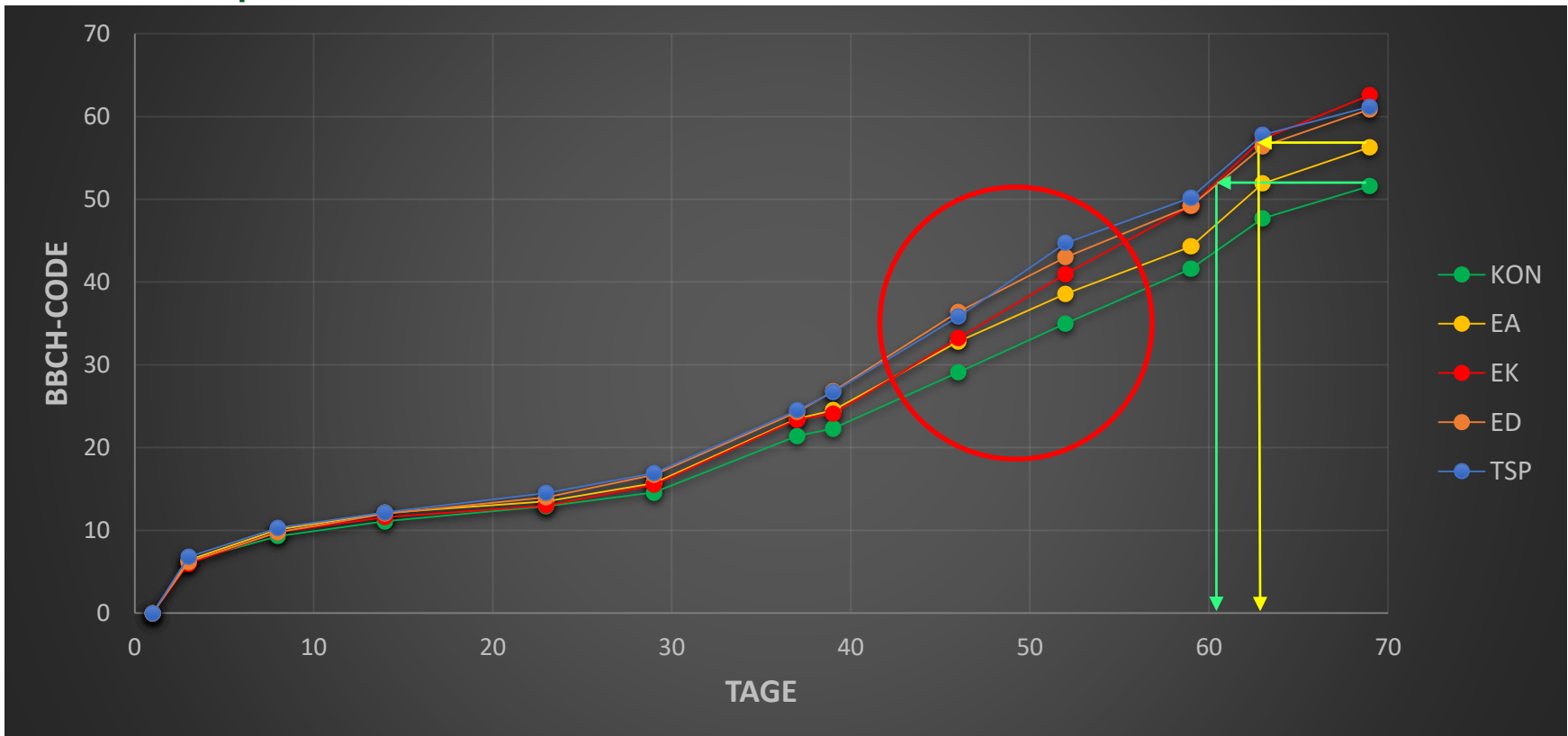
TSP= Tripel-Superphosphat, in Klammern TM-Ertrag in [g Gefäß⁻¹]

Gefäßversuch – P-Aufnahme der Pflanzen (Spross) pro Gefäß in mg

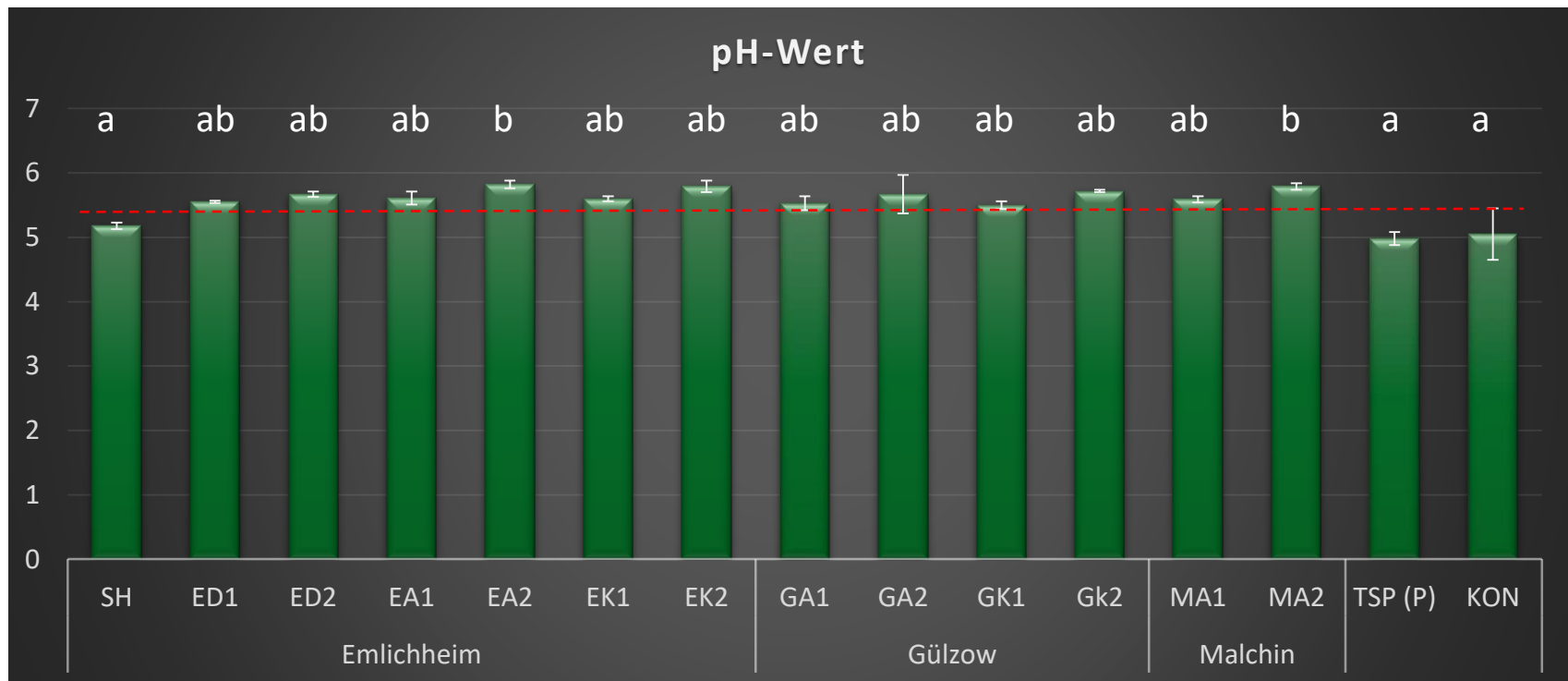
			Mais	Lupine	Amaranth	Durchschnitt
Heizwerk	Variante	P pro Topf [g]	P-Aufnahme [mg Gefäß ⁻¹]			
Emlichheim	Stroh (SH)	0,11	50,73 ab	31,81 a	104,68 b	62,41 b
	Strohdünger (ED)	0,21	59,21 bc	55,07 cd	141,62 de	85,3 d
		0,42	62,25 c	58,81 cd	151,12 f	90,73 de
	Rohasche (EA)	0,21	54,18 b	53,56 c	129,44 c	79,06 c
		0,42	56,62 b	57,45 cd	132,71 c	82,26 cd
	Kompaktat (EK)	0,21	61,71 c	55,58 cd	143,39 e	86,89 d
0,42		62,47 c	60,75 de	147,38 ef	90,2 de	
Gülzow	Rohasche (GA)	0,21	56,86 b	52,13 c	138,44 d	82,48 cd
		0,42	57,31 bc	53,92 c	139,36 d	83,53 cd
	Kompaktat (GK)	0,21	58,43 bc	60,74 de	143,12 e	87,43 de
		0,42	63,74 c	62,98 e	150,06 f	92,26 e
Malchin	Rohasche (MA)	0,21	54,29 b	43,26 b	134,03 cd	77,19 c
		0,42	54,40 b	43,27 b	138,92 d	78,86 c
	TSP (P)	0,21	66,36 d	56,81 cd	145,94 ef	89,41 de
	Kontrolle (KON)	0	46,28 a	29,73 a	86,20 a	54,07 a

TSP = Tripel-Superphosphat; Buchstaben zeigen signifikant verschiedene Mittelwerte zwischen den Düngevarianten nach Fruchtart (Duncan-Test, $p \leq 0,05$)

Gefäßversuch – Entwicklungsstadien der Pflanzen, Beispiel Mais

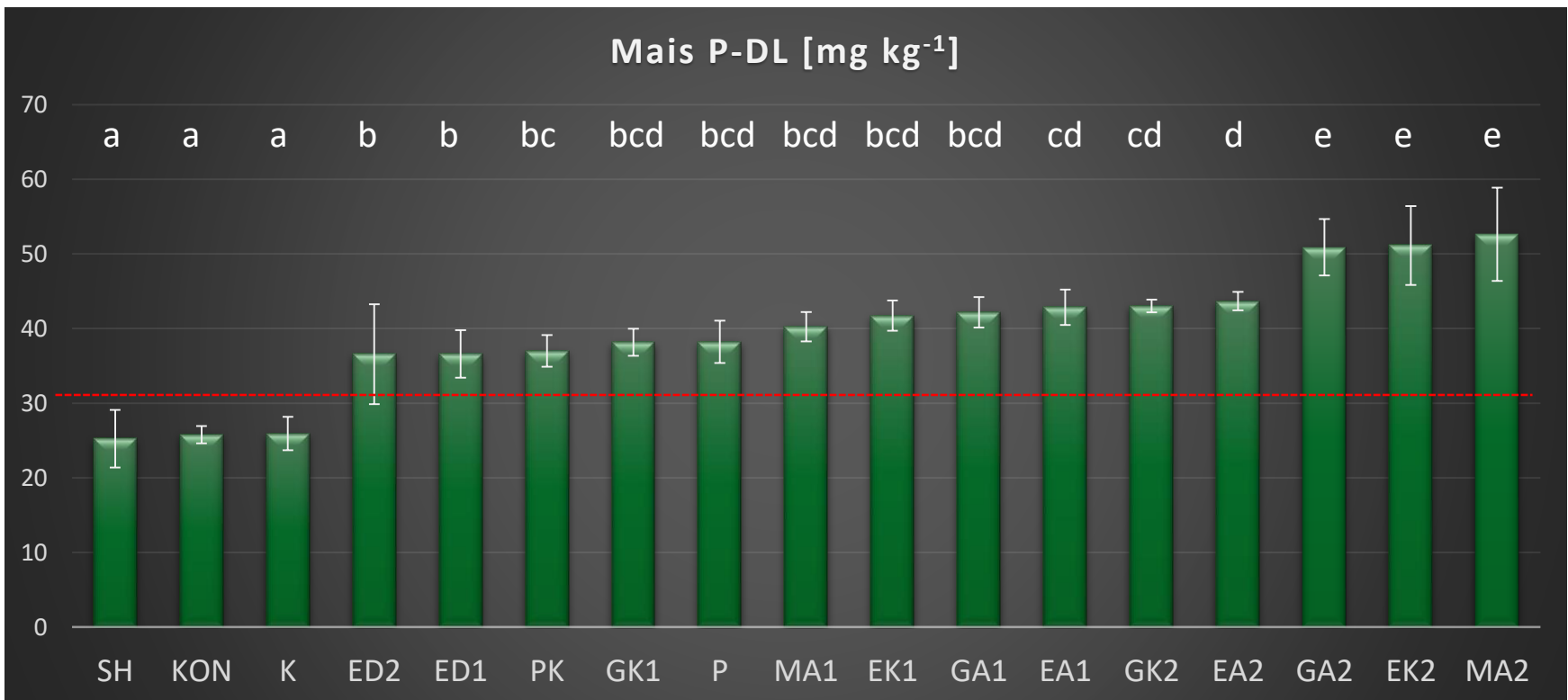


Gefäßversuch – Veränderung pH-Wert des Bodens



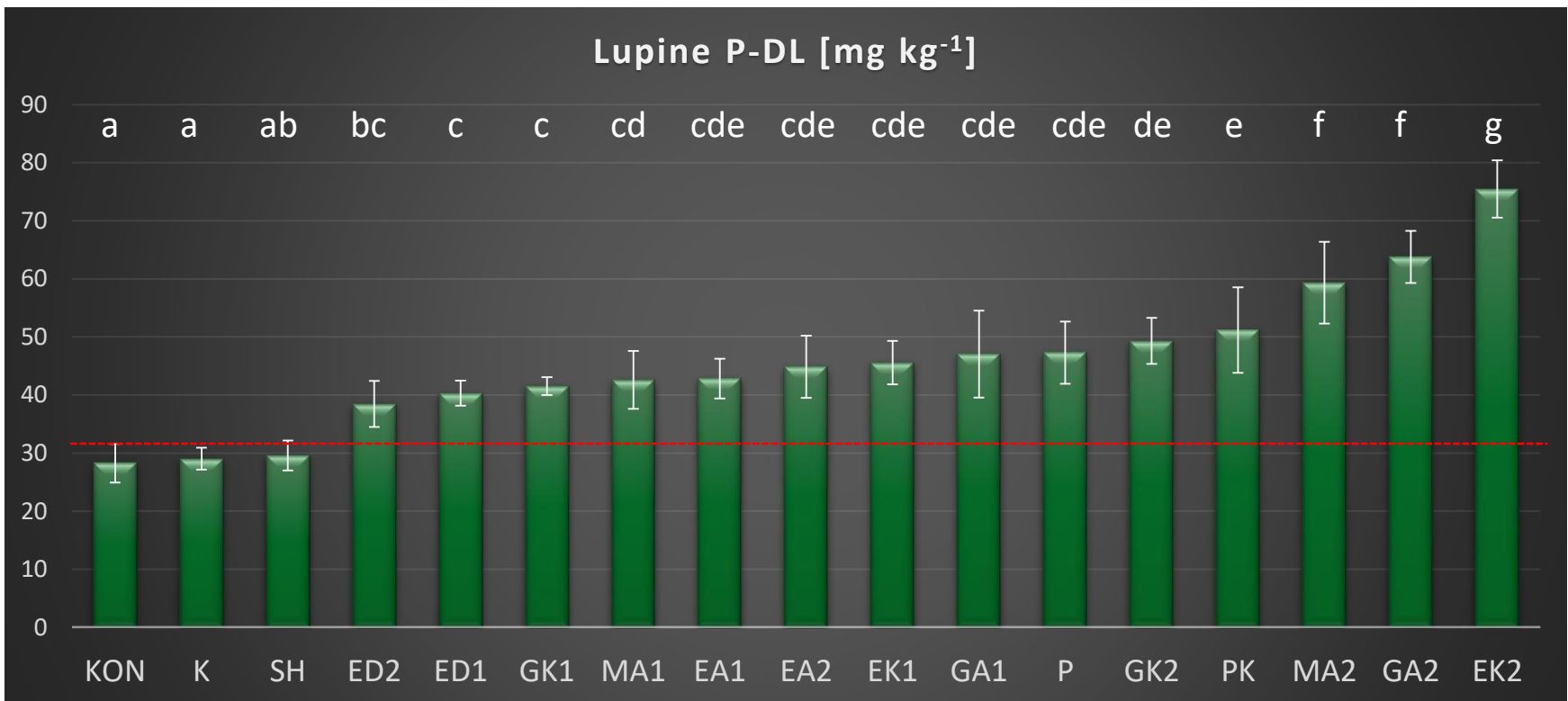
TSP = Tripel-Superphosphat; Buchstaben zeigen signifikant verschiedene Mittelwerte zwischen den Düngevarianten über alle Fruchtarten (Duncan-Test, $p \leq 0,05$); rot-gestrichelte Linie: Ausgangswert des Bodens (5,39)

Gefäßversuch – pflanzenverfügbare Phosphor P-DL



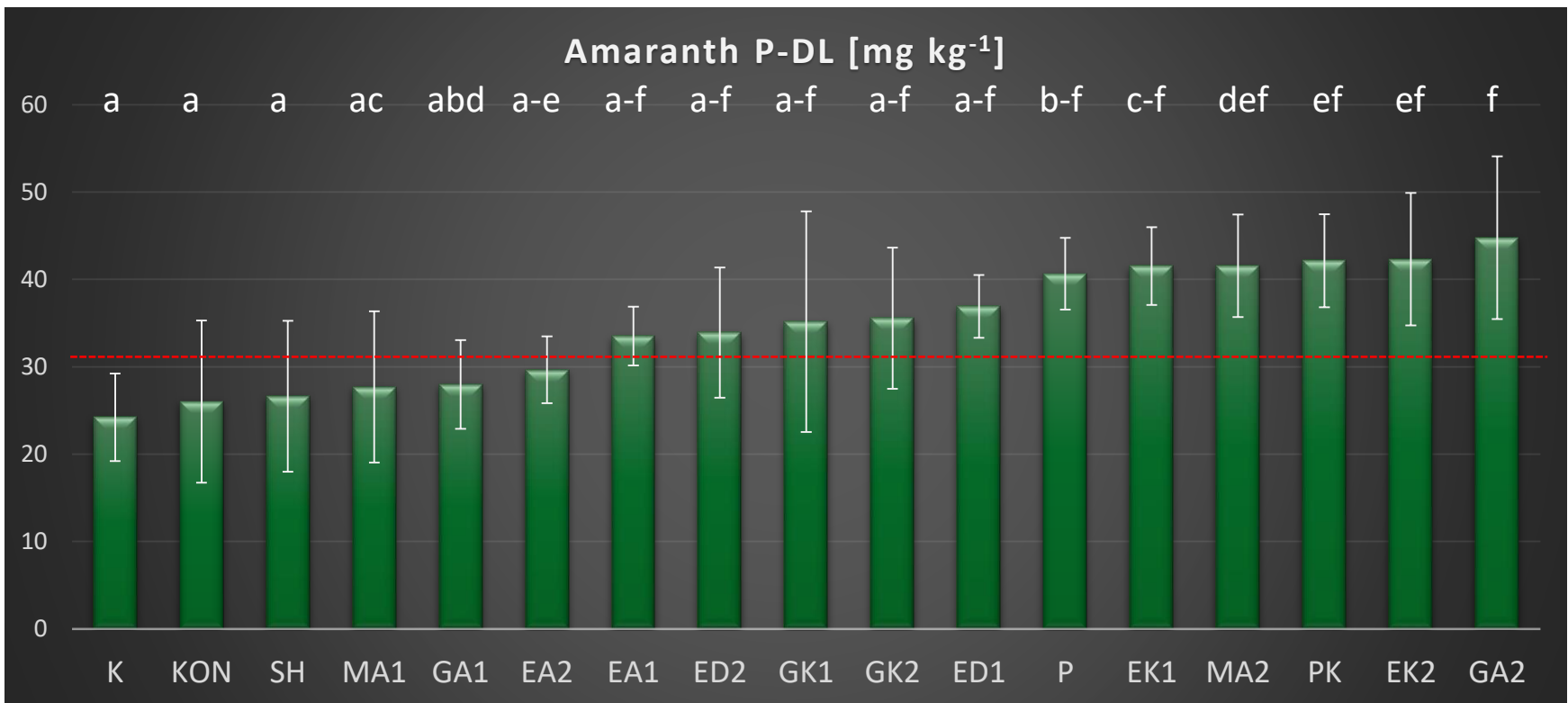
TSP = Tripel-Superphosphat; Buchstaben zeigen signifikant verschiedene Mittelwerte zwischen den Düngevarianten bei Mais (Duncan-Test, $p \leq 0,05$); rot-gestrichelte Linie: Ausgangswert des Bodens ($30,09 \text{ mg kg}^{-1}$)

Gefäßversuch – pflanzenverfügbare Phosphor P-DL



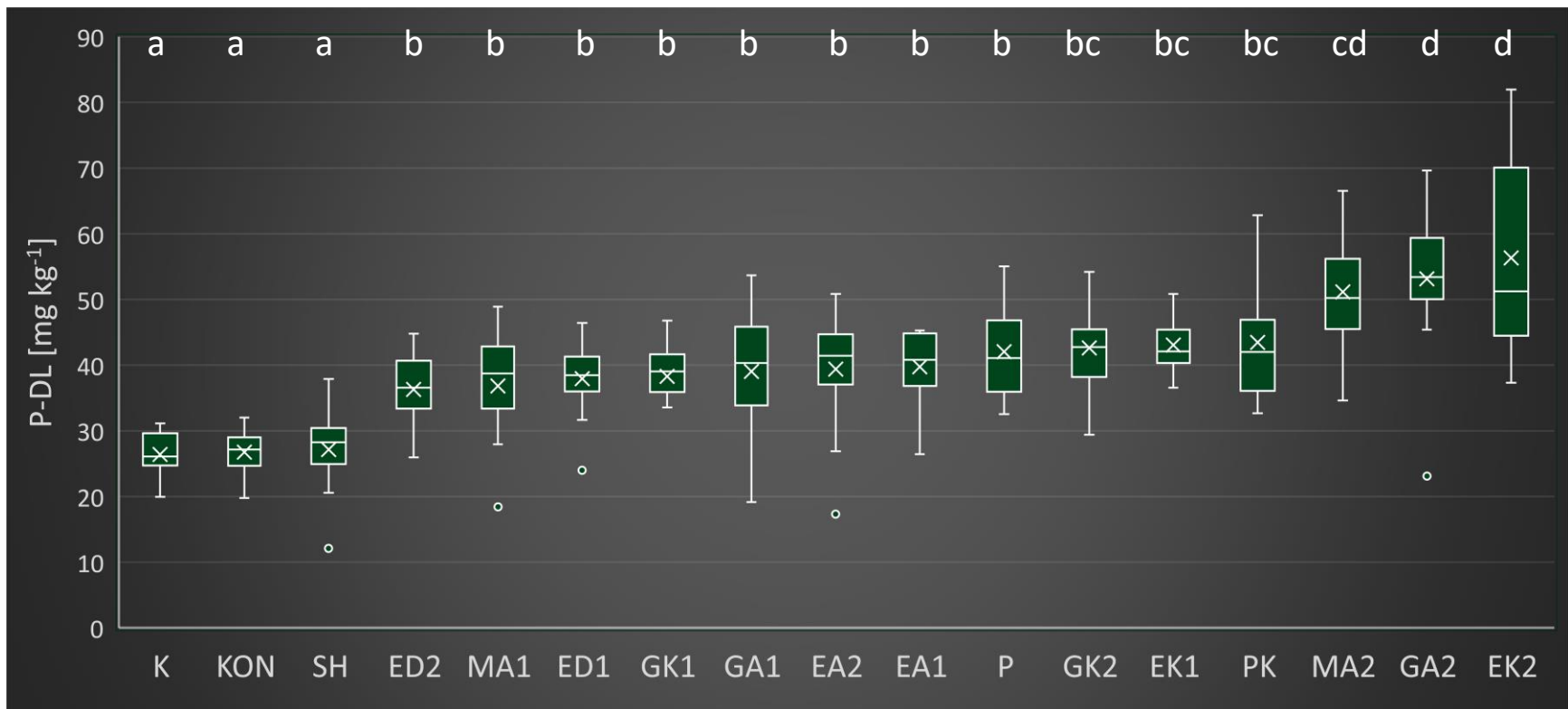
TSP = Tripel-Superphosphat; Buchstaben zeigen signifikant verschiedene Mittelwerte zwischen den Düngevarianten bei Lupine (Duncan-Test, $p \leq 0,05$); rot-gestrichelte Linie: Ausgangswert des Bodens ($30,09 \text{ mg kg}^{-1}$)

Gefäßversuch – pflanzenverfügbare Phosphor P-DL



TSP = Tripel-Superphosphat; Buchstaben zeigen signifikant verschiedene Mittelwerte zwischen den Düngevarianten bei Amaranth (Duncan-Test, $p \leq 0,05$); rot-gestrichelte Linie: Ausgangswert des Bodens (30,09 mg kg⁻¹)

Gefäßversuch – pflanzenverfügbare Phosphor P-DL



TSP = Tripel-Superphosphat; Buchstaben zeigen signifikant verschiedene Mittelwerte zwischen den Düngevarianten über alle Fruchtarten (Duncan-Test, $p \leq 0,05$)

Gefäßversuch – weitere Ergebnisse

- Signifikant höhere K-DL Werte bei Asche-Varianten im Boden, v.a. bei GA und GK
- Teilweise signifikant höher Mg-DL Werte bei Asche-Varianten (z.B. MA)
- Schwermetalluntersuchung Boden (LUFA Rostock): keine Unterschiede zur Kontrollvariante
- Schwermetalluntersuchung Pflanzenmaterial (LUFA Rostock): Cadmium bei Amaranth signifikant erhöht bei Aschevarianten (0,44 mg/kg TM) im Vergleich zur Kontrollvariante (0,17 mg/kg TM), sonst keine Auffälligkeiten
- Blattzählungen und Größenmessungen der Pflanzen bestätigen Ergebnisse der BBCH-Code Schätzung

LFZ – Fazit und Ausblick

- Ertrag, leichtverfügbares P und P-Aufnahme bei den BMA-Varianten nicht signifikant schlechter als die vergleichbaren TSP-Varianten
- Mischung mit Kompost vergleichbar mit TSP, Ausbringung erleichtert
- Jahre 2017-2019 noch in Auswertung → Langzeit-Düngeeffekt von Aschen
- Unterscheidung der Aschen und Rückschlüsse daraus
- Verteilung von P-Fraktionen in der Tiefe (bis 90 cm): Vergleich Asche-TSP; erste Beprobung 2018, weitere Beprobungen 2019

Gefäßversuch – Fazit

- 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, Struktureller Vorteil, Löslichkeit?
- Stroh-Asche-Dünger im Vergleich mit guten Erträgen → einfache Herstellung (nur mechanisch), mögliche Option für einen Dünger?
- Vorteile der Aschen im Vergleich zu TSP: pH-Wert-Erhöhung, weitere Nährstoffe (Mg, K, Mikronährstoffe)
- Schadstoffe in der Untersuchung: keine negativen Auswirkungen
- Untersuchungen auf gegebene Parameter (pH-Wert, Bodenart, etc...) beschränkt und nur für diese aussagekräftig!

Gefäßversuch – Ausblick

- Erste Ergebnisse liefern Einblick, restliche Analysen fehlen noch für ein Gesamtbild (P-Fraktionierung, Enzym-Aktivitäten, etc...)
- Zweiter Gefäßversuch (November 2019 – Januar 2019) mit zusätzlichen Varianten:
 - Malchin: Kompaktat und Stroh-Asche-Dünger
 - Gülzow: Stroh-Asche-Dünger
 - Recycling-Park Harz: Rohasche, Asche-Kompost, Gärrest-Kompost
 - Sequenz: Lupine-Mais-Amaranth (gleicher Topf, nacheinander ohne weitere Düngung)
- Untersuchung der Mineralogie der Aschen
- Löslichkeitsexperiment: Freisetzung der Nährstoffe, Einfluss des pH-Werts
- Analysen der Mikronährstoffe und Schadstoffe
- Experiment mit gelabeltem P (Isotope)

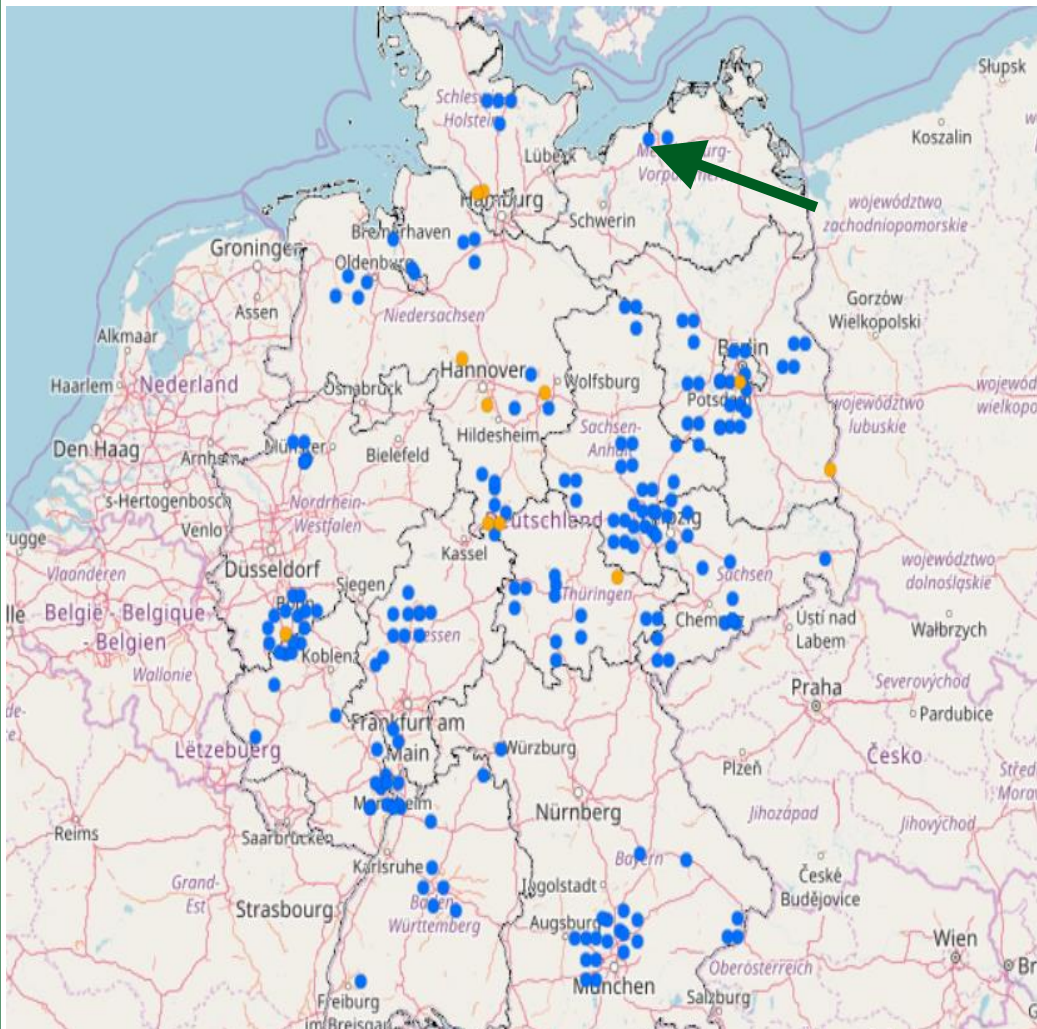
Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

RGB, Mai 2018

NDVI, Mai 2018

NDVI, Juni 2018

Langzeit-Feldversuche in Deutschland



- „Boden als nachhaltige Ressource für die Bioökonomie“
 - Nachhaltige Nutzung der begrenzten Ressource Boden
 - Erweiterung des wissenschaftlichen Verständnisses
 - Verbesserung der Bodenproduktivität
- Langzeit-Feldversuche dringend benötigt
- <https://www.bonares.de>