



Forschungsverbund  
„Nachhaltige Landnutzung durch  
regionales Energie- und  
Stoffstrommanagement bei Nutzung  
der Terra-Preta-Technologie auf  
militärischen Konversionsflächen und  
ertragsschwachen Standorten  
(LaTerra)“

## Programm

**Workshop**  
**Biochar goes practice**

09. und 10. Dezember 2014 in Berlin

## Einsatz von Biokohlesubstraten zur Verbesserung der Bodenqualität auf militärischen Altlastflächen im Landkreis Teltow-Fläming



Florian Worzyk, Prof. Dr. mult. Dr. h. c. Konstantin Tertytze,  
Dr. Ines Vogel, Christian Krüger, Karin Friede

Freie Universität Berlin

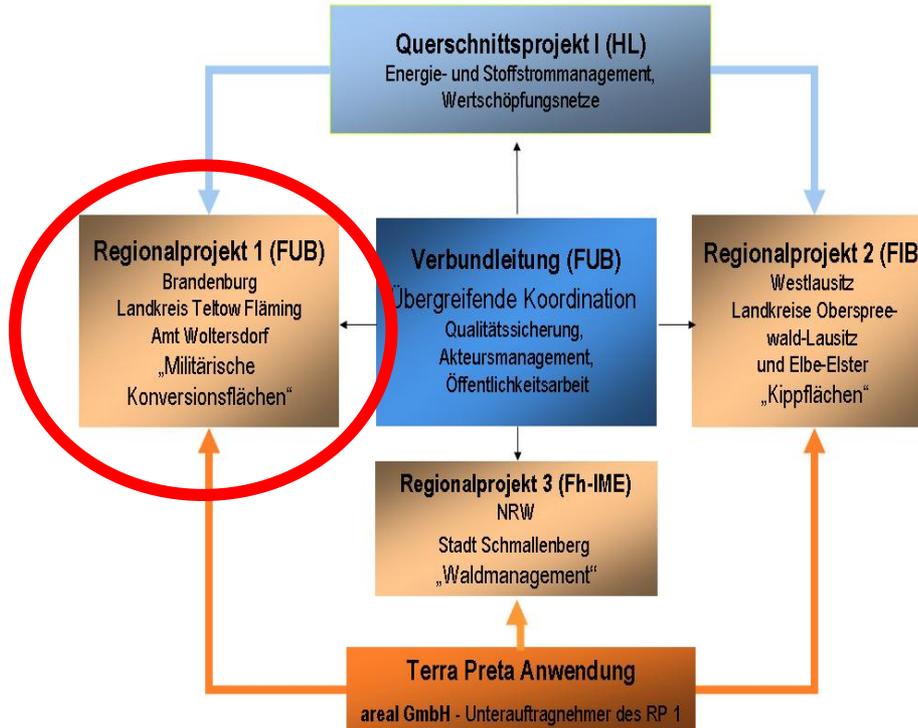


## Projektpartner und Projektstruktur

## Rekultivierung von ehemaligen Tagebauen



Abbau von organischen Bodenkontaminationen



Wiederaufforstung von Windbruchflächen



## Situation im Bundesland Brandenburg:

1989 militärisch genutztes Areal (WGT, NVA):

**230.000 ha** (8% des gesamten Bundeslandes Brandenburg)

**200.000 ha** derzeit ohne weitere Nutzung

Sandböden mit geringem Kohlenstoffgehalt

## Auswahl der Testflächen

### Panzerreparatureinheit und Tanklager



Hauptkontamination

**MKW**

### Ehemals industriell genutzte Liegenschaft – alte Teerpappfabrik



Hauptkontamination

**PAK**

# Projektziele | *Methoden* | chem.-phys. Parameter | Biomasse | Schadstoffe | Biotests



Probenahme

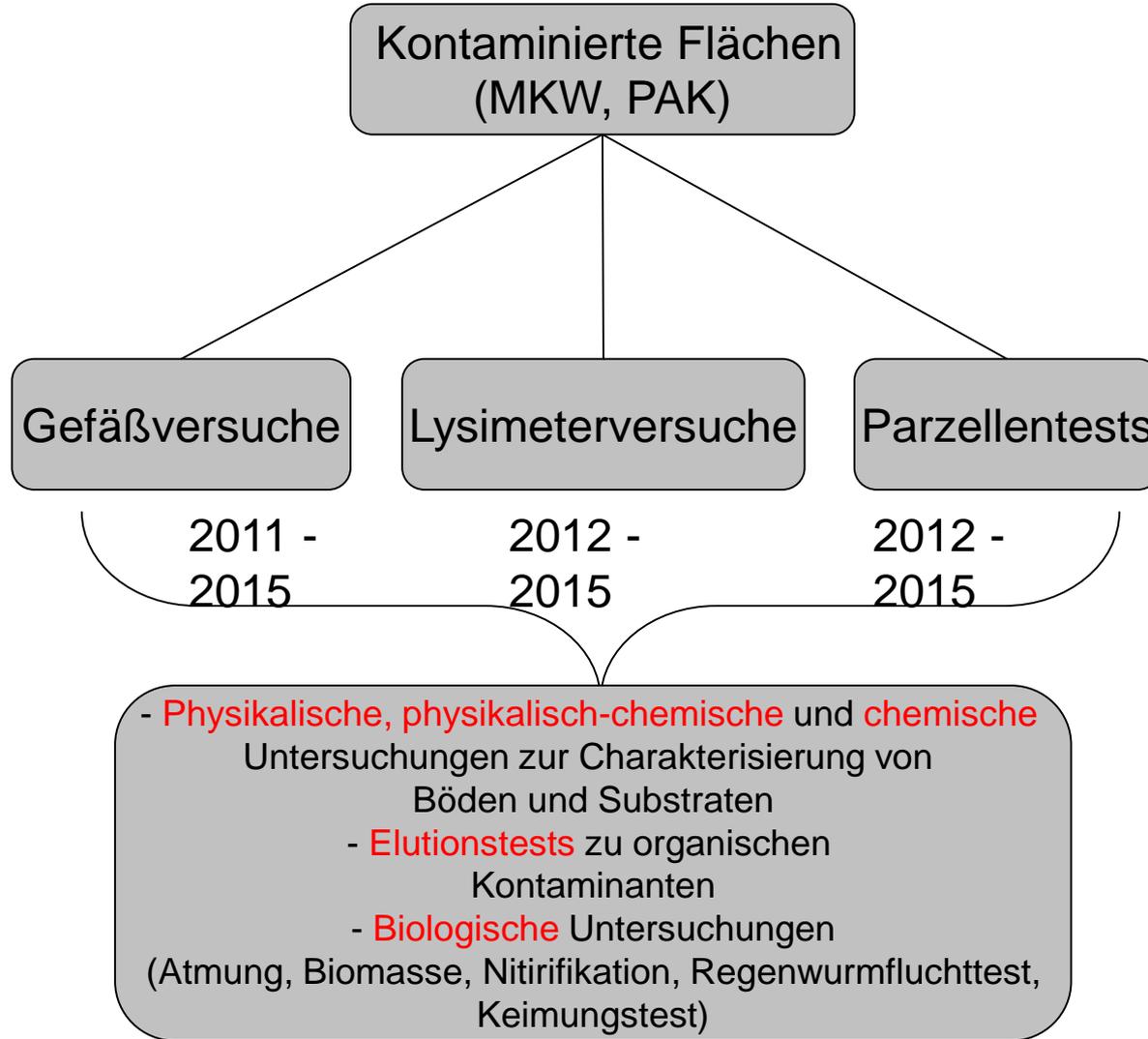


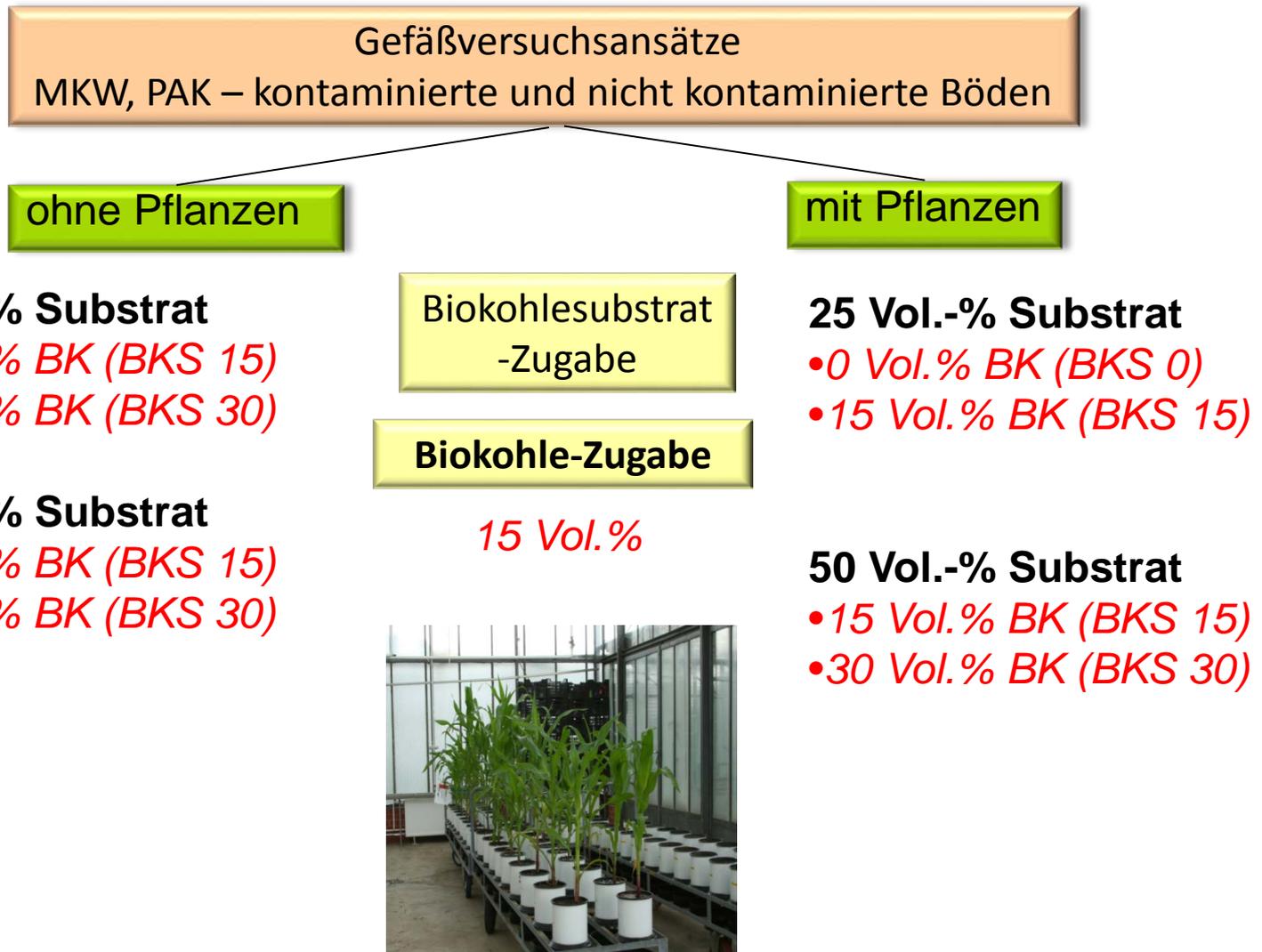
PAK-Kontaminationen



MKW-Kontaminationen

	Militärische Konversionsfläche	Innerstädtische Industriebrache
Boden	MKW	PAK
Bodenart	Ss	Su2
Hauptkontamination [mg/kg]	MKW: bis zu 5900 (mobil: 590)	PAK: bis zu 277; B(a)P: 27,07
Prüfwert nach BBodSchV	Nicht vorliegend	B(a)P: 2-12
pH (CaCl <sub>2</sub> )	4,9 – 6,8	7,1 – 7,8
Corg [% TS]	0,3 - 0,6	0,7 - 0,9





## MKW Parzellen – ehemaling militärisch genutzte Liegenschaft



BKS 15 = 10 Vol.-% Biokohlesubstrat  
(15 Vol.% BK)

BK = 1,5% Biokohle



## PAK Parzellen – Julius-Kühn-Institut



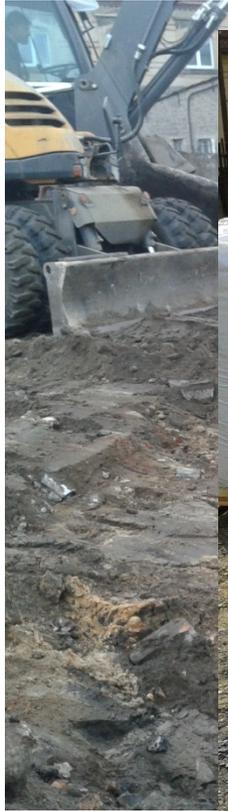
BKS 30 = 50 Vol.-% Biokohlesubstrat (30 Vol.-% BK)

BK = 15 Vol.-% Biokohle





Parzellen-  
versuche  
2012 – MKW



Parzellen-  
versuche  
2012 – PAK

## Herstellung der Biokohle-Substrate

Kompostierung/  
Fermentation +  
Biokohle

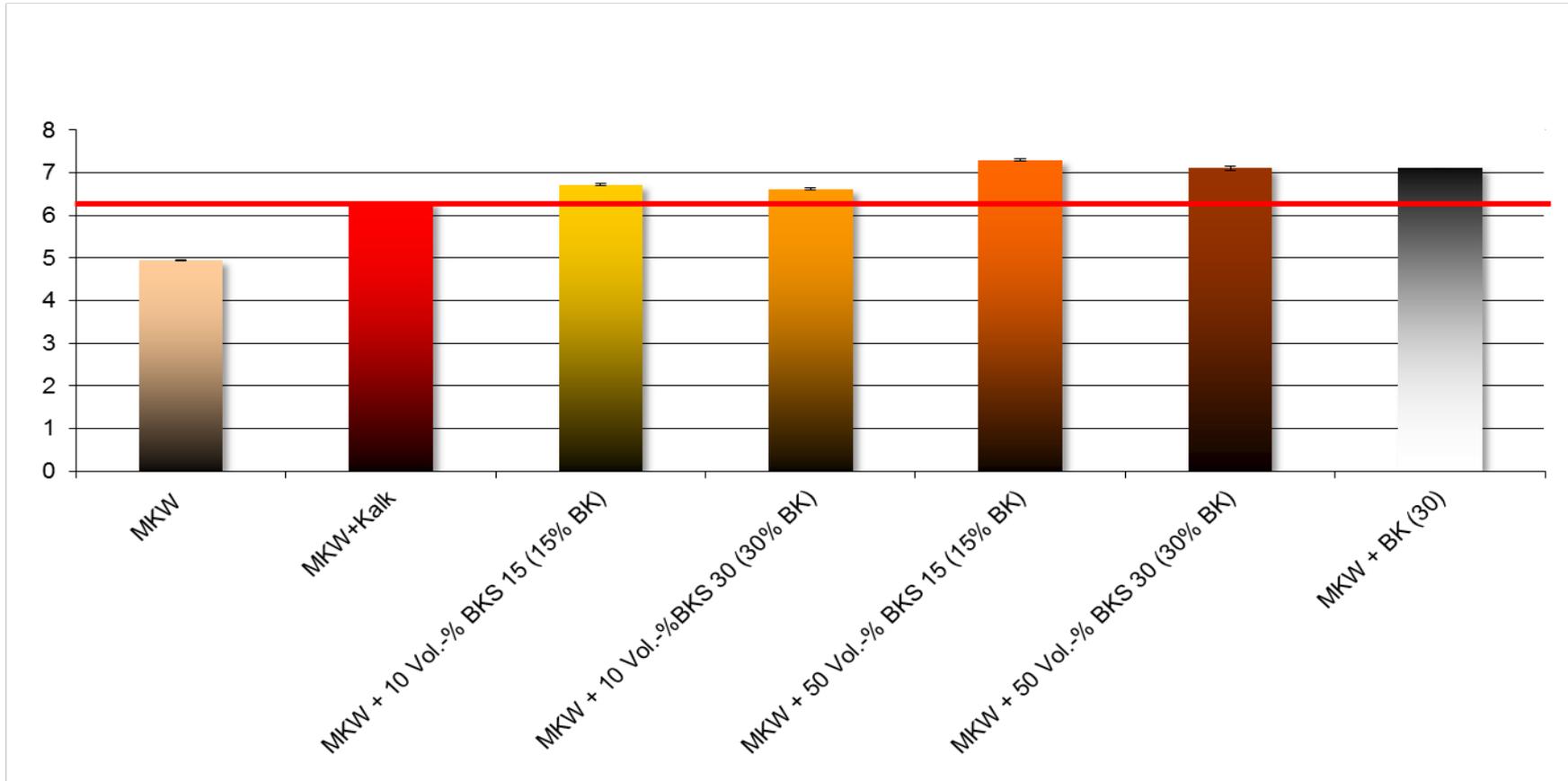
### Inputstoffe:

- Grünschnitt
- Biokohle (15 u. 30 vol.-%)
- flüssige Gärrückstände (5%TM.; 300 l m<sup>-3</sup>)
- Gesteinsmehl (15 kg m<sup>-3</sup>)



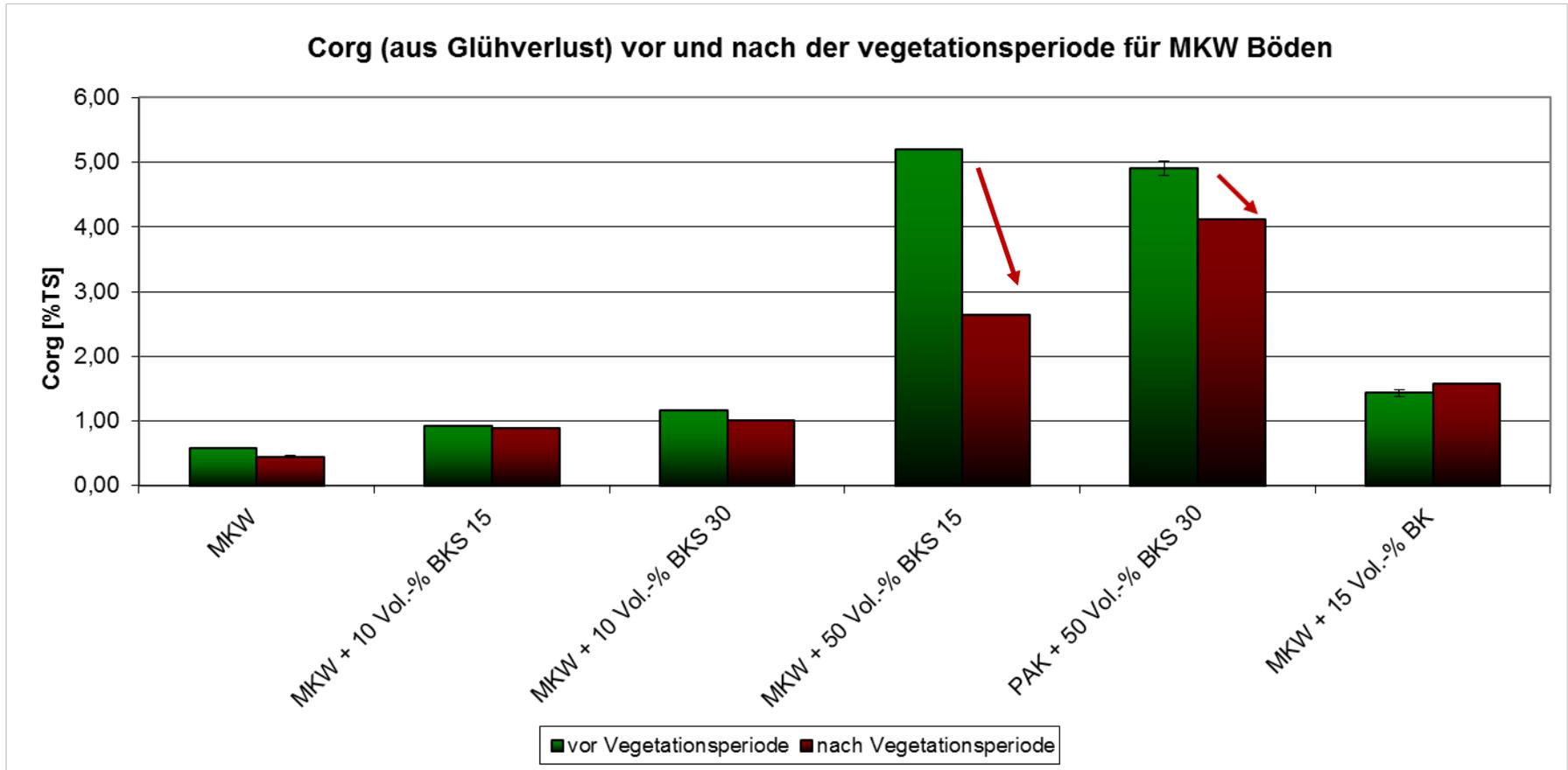
BK-Substrat	N	P	K	C <sub>org</sub>	C/N	pH	Cu	Zn
	M.-%	M.-%	M.-%	M.-%			mg 100g <sup>-1</sup>	
BKS 15 Vol.-% BK	1.28	0.25	1.0	29	23	7.5	26	146
BKS 30 Vol.-% BK	1.14	0.17	0.8	39	34	7.5	19	124

## Gefäßversuche – Boden: pH-Wert



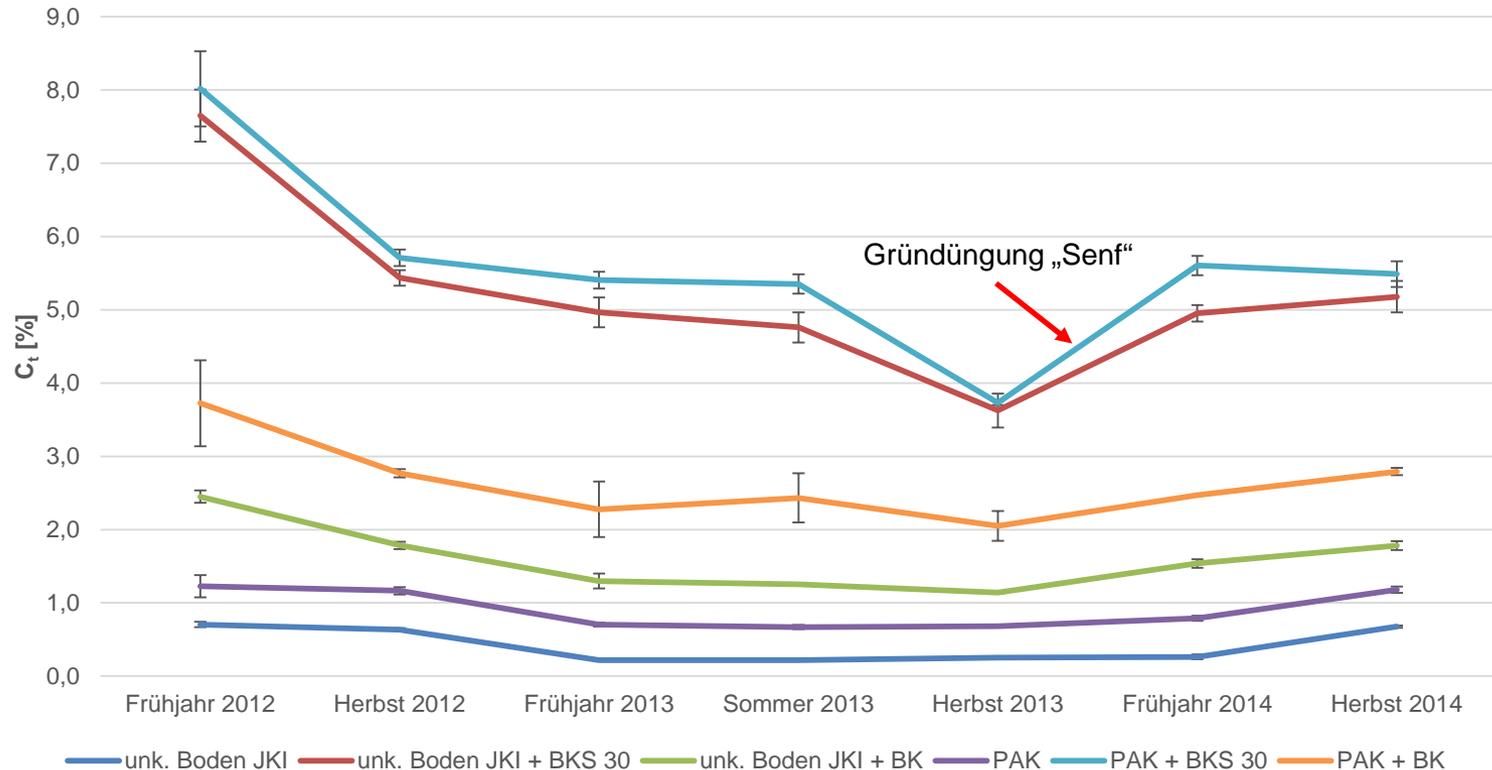
➔ Bereits bei geringem Zusatz von Biokohle (1,5%) erhöht sich der pH-Wert vergleichbar mit einer konventionellen Kalkung

## Gefäßversuche – Boden: organischer Kohlenstoff



BKS 15 – 15 Vol.% Biokohle im Substrat/ BKS 30 – 30 Vol.% Biokohle im Substrat

$C_t$  des Bodens auf den JKI-Parzellen in den Jahren 2012 bis 2014



➔ Kohlenstoffgehalt mit Biokohle-/Biokohlesubstratzugabe auch am Ende der 3. Vegetationsperiode signifikant höher als Kontrollen (1%/4%)

## Gefäßversuche

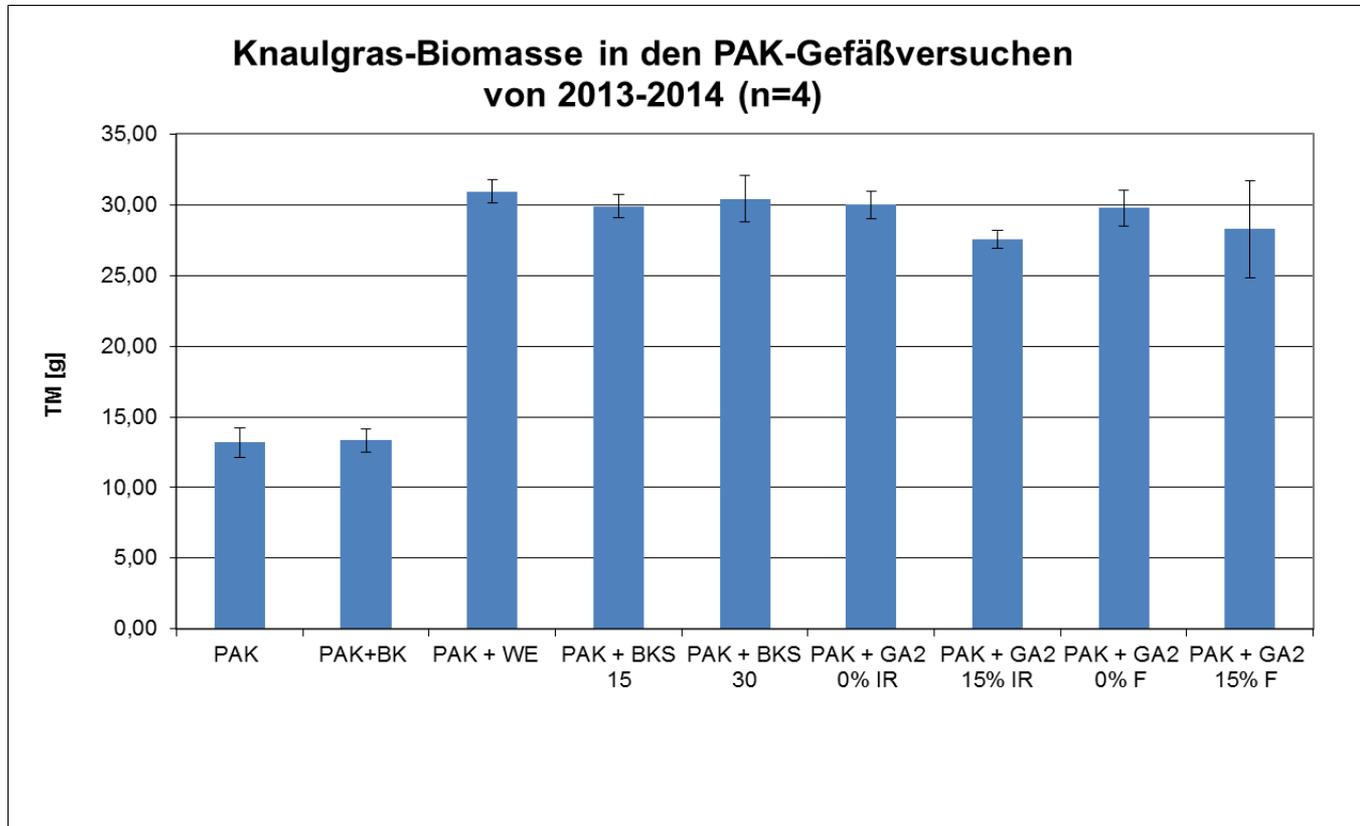
	Beschreibung	Firma, Ort
BKS 15	Kompostiertes und fermentiertes Material mit 15% Biokohle (+ Gärreste und Gesteinsmehl)	areal GmbH, Hengstbacherhof
BKS 30	Kompostiertes und fermentiertes Material mit 30 % Biokohle (+ Gärreste und Gesteinsmehl)	areal GmbH, Hengstbacherhof
GA2 IR 0%	Kompostierter Grünschnitt, Rasenschnitt, geringer Erdanteil ohne Biokohle	FU Geoökologie, Berlin
GA2 IR 15%	Kompostierter Grünschnitt, Rasenschnitt, geringer Erdanteil mit 15 % Biokohle	FU Geoökologie, Berlin
GA2 F 0%	Fermentierter Grünschnitt, Rasenschnitt, geringer Erdanteil, EMA, Melasse ohne Biokohle	FU Geoökologie, Berlin
GA2 F 15%	Fermentierter Grünschnitt, Rasenschnitt, geringer Erdanteil, EMA, Melasse mit 15 % Biokohle	FU Geoökologie, Berlin
WE	Kompostierter Rinderdung mit 15 Vol.% Biokohle	Wandlitzer Erden, Wandlitz

Einmischung BKS:  
25 Vol.-%

## Gefäßversuche über 3 Vegetationsperioden

- Vergleich der Wirkung von Komposten mit und ohne Biokohle,
- Vergleich unterschiedlicher Herstellungsverfahren: Kompostierung und Fermentation,
- Vergleich unterschiedlicher Inputstoffe: Grünschnittkomposte versus Rindergüllekompost mit Biokohle

## Gefäßversuche – Biomasse Grasschnitte (kumulativ)

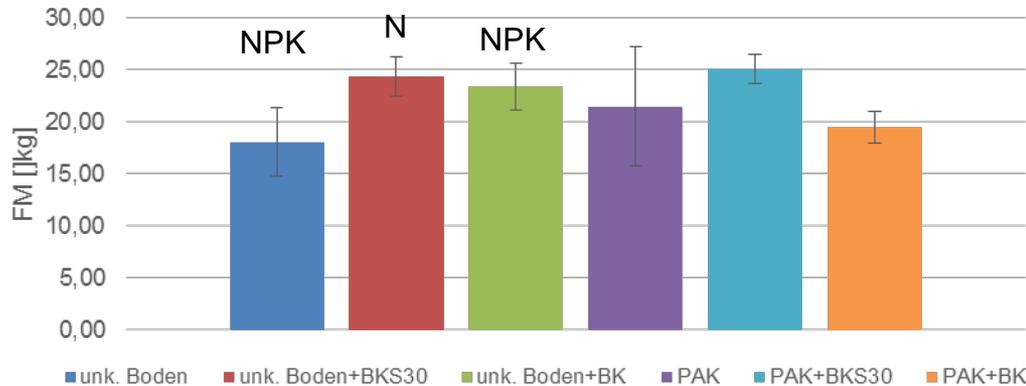


Einmischung BKS:  
25 Vol.-%

➡ Kumulativ über 2. und 3. Vegetationsperiode keine signifikanten Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Substratvarianten, anhaltend positive Kompostwirkung

## Parzellen (angelegt Frühjahr 2012) – Biomasse Hirse 2014

Hirsebiomasse Parzellen JKI 2014



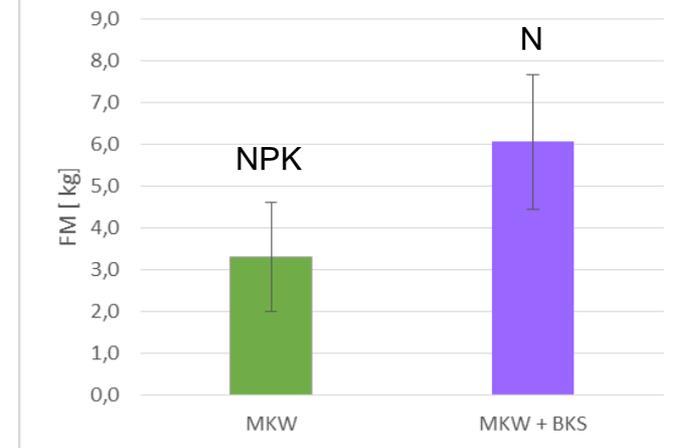
➔ Einmischung 50 Vol.-%

- unk. Boden → positiver Effekt der reinen Biokohle nach 3 Jahren zu erkennen
- PAK Boden → BKS zeigt höhere Biomasse gegenüber Mineraldünger behandelten Parzellen

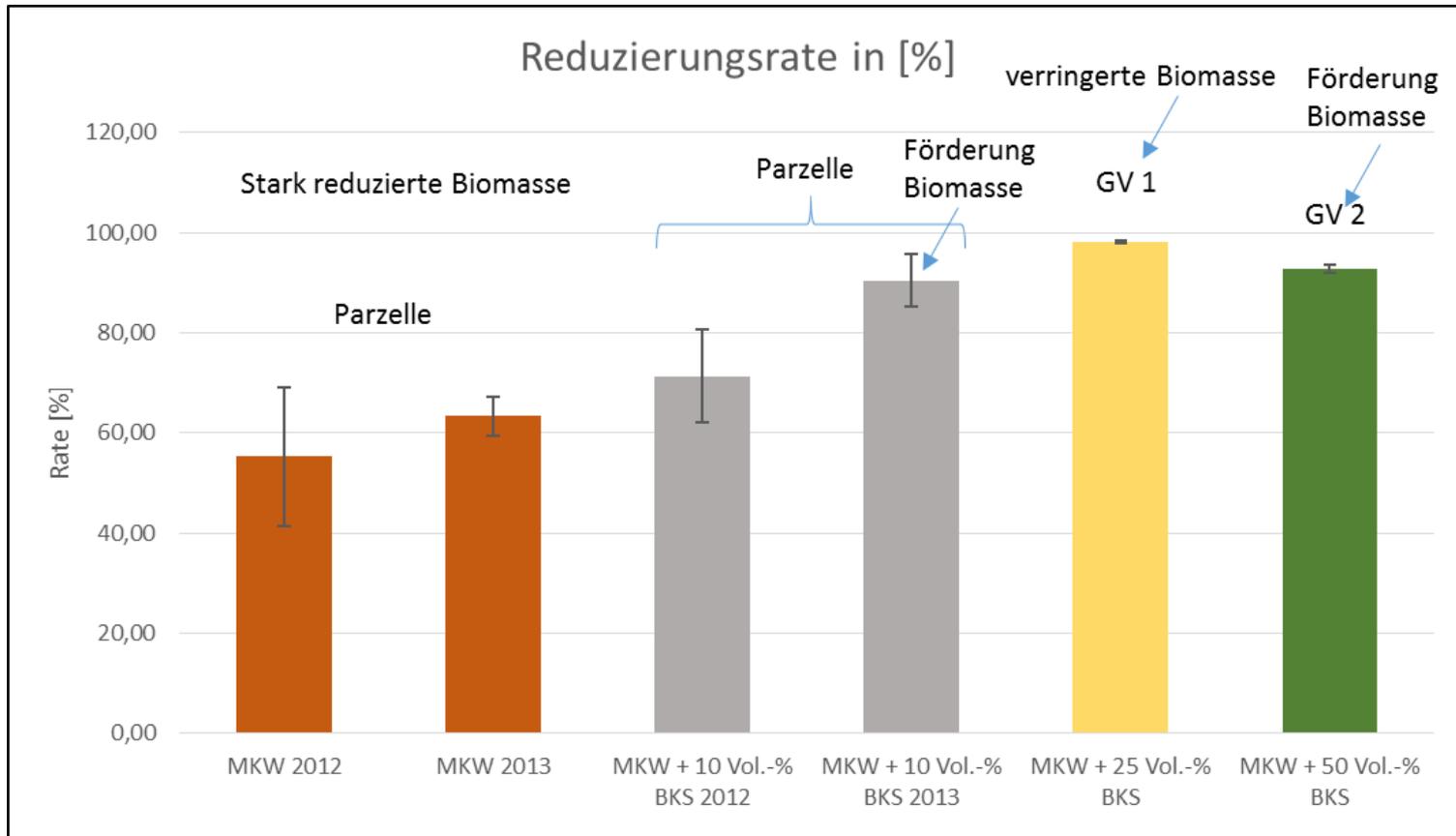
➔ Einmischung 10 Vol.-%

MKW Parzellen → signifikanter Unterschied in der Biomasse zu erkennen!

Biomasse Hirse 2014



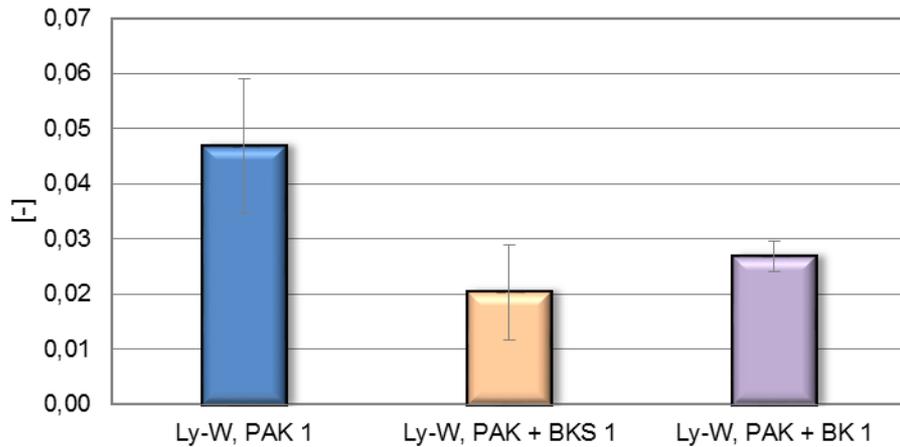
### Reduzierungsrate der MKW-Kontamination in Abhängigkeit der Aufbringungsmenge an BKS



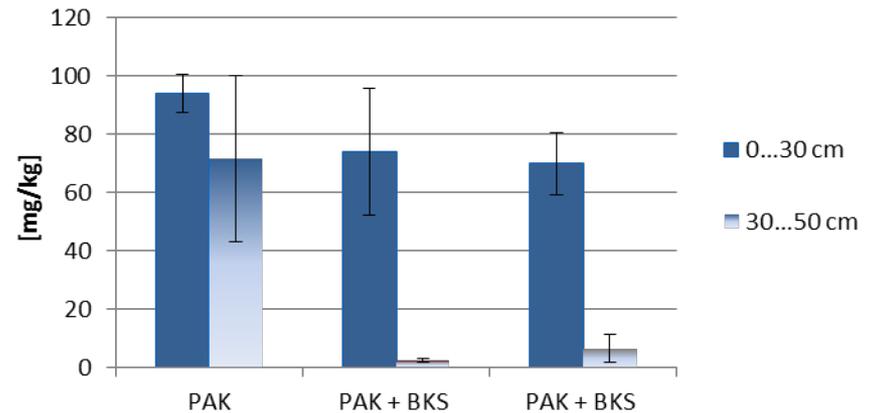
➔ Hohe Reduzierungsraten von MKW durch Eimischung von BKS möglich

## Einfluss von BKS auf die Mobilität/Verfügbarkeit von PAK

Transferfaktor Boden-Pflanze



PAK Bodengehalte in unterschiedlichen Bodentiefen



➔ Reduzierung der PAK- Bioverfügbarkeit/Mobilität durch BKS

Kein nennenswerter Reduzierung des **gesamt PAK-Schadstoffes** in den Parzellen und Gefäßen

→ **Bioverfügbarer Anteil**: Bestimmung durch eine **Cyclodextrin-Extraktion**.

Eine einfache wässrige Extraktion erfasst nur den aktuell im Porenwasser gelösten Schadstoffanteil und nicht die Schadstofffraktion, die noch aus der Bodenmatrix nachgelöst werden kann.

Cyclodextrine besitzen aufgrund ihrer Molekülstruktur eine hydrophobe Höhle, in welche hydrophobe organische Substanzen eingelagert werden können. Dadurch können leicht nachlieferbare Schadstofffraktionen mit bestimmt werden.

➔ **Verringerung des ökotoxikologischen Potentials der PAK sowie der Gefahr einer Verlagerung ins Grundwasser auch durch den Einsatz von NUR Biokohle**

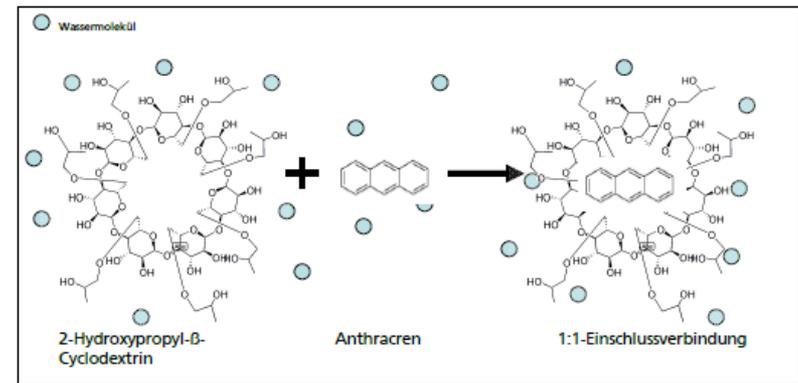
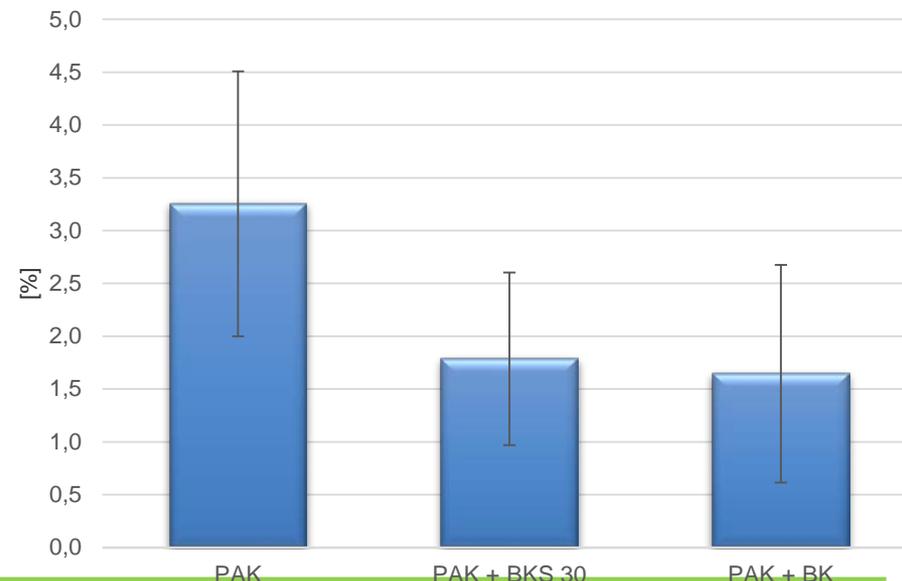


Abbildung 7: Einlagerung hydrophober Substanzen in ein 2-Hydroxypropyl-β-Cyclodextrinmolekül unter Bildung einer 1:1-Einschlussverbindung.

### PAK in % vom Feststoffgehalt



## Ökotoxikologische Ergebnisse zu den Standortböden

	Militärische Konversionsfläche	Innerstädtische Industriebrache
Boden	MKW	PAK
Hauptkontamination [mg/kg]	MKW: bis zu 5900 (mobil: 590)	PAK: bis zu 277; B(a)P: 27,07
Prüfwert nach BBodSchV	Nicht vorliegend	B(a)P: 2-12
Testparameter: Atmungsaktivität		
BaA [mg/O <sub>2</sub> /(100 g* h)]	0,119 ± 0,011	0,073 ± 0,008
SIR [mg/O <sub>2</sub> /(100 g* h)]	0,371 ± 0,055	0,221 ± 0,041
Q <sub>R</sub>	0,32	0,33
Bewertung der Lebensraumfunktion	<b>eingeschränkt / toxisch</b>	<b>eingeschränkt / toxisch</b>

### Biomassetest nach DIN EN ISO 14240:2010-12

Ziel: "Einschätzung der nachhaltigen **Sicherung der Bodenfruchtbarkeit**, des **Potentials organische Stoffe abzubauen**, sowie der **Wirkung von Zusatzstoffen auf die mikrobielle Population des Bodens.**"

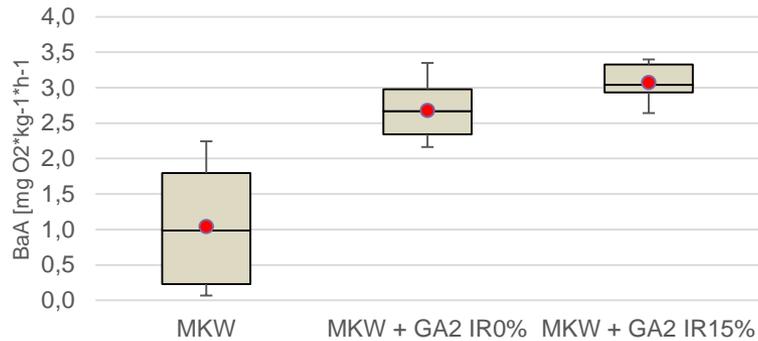
→ Beurteilung der Lebensraumfunktion für Mikroorganismen

→ Respiratorischer Aktivierungsquotient: > 0,30 (nach DIN/ISO 17616)

## Mikrobielle Biomasse Gefäßversuche 2012-2014

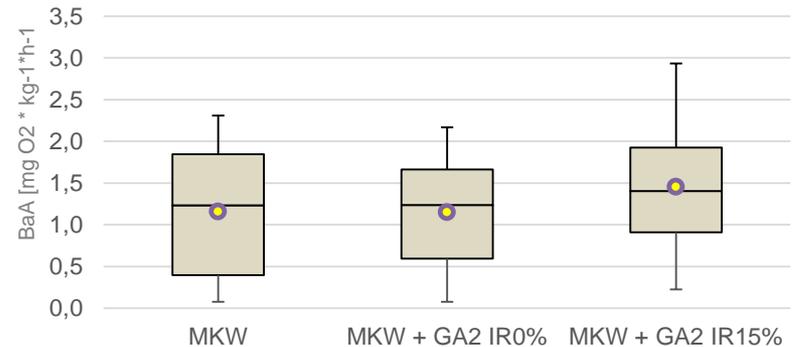
### Versuchsbeginn

Basalatmung – Gefäßversuche 2012  
(n=10)



### Versuchsende

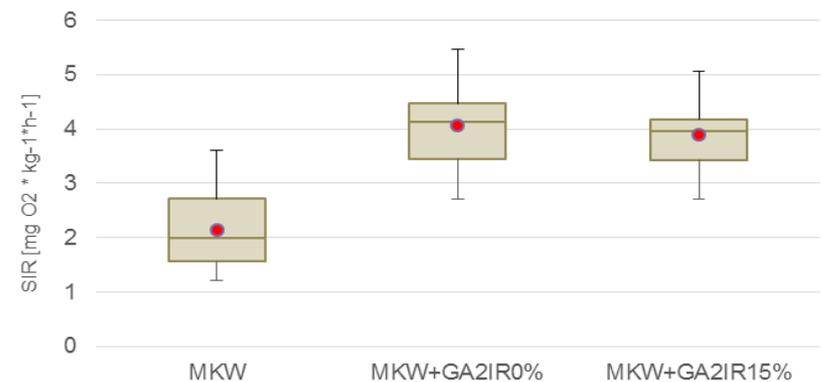
Basalatmung - Bodenatmung Gefäße  
2012 - 2014

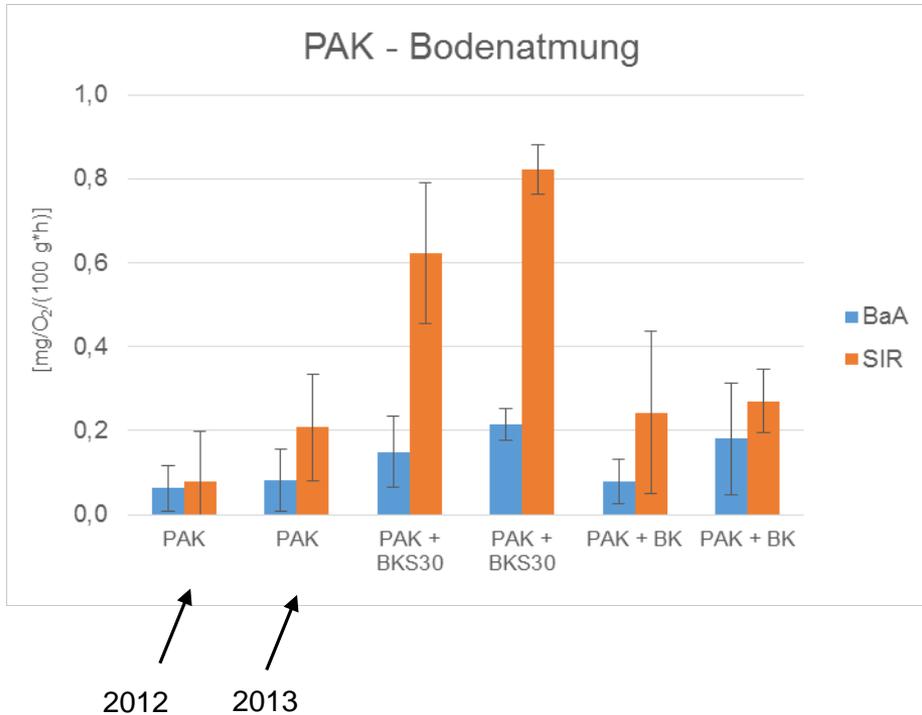


Einmischung BKS:  
25 Vol.-%

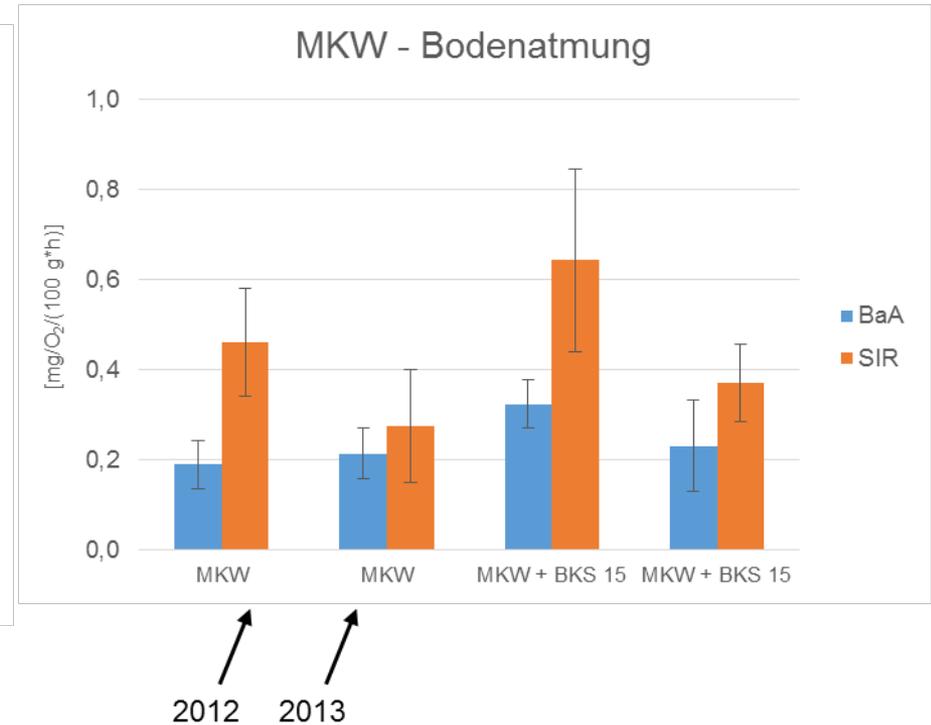
- ➔ Basalatmung- anfänglich Erhöhung, Versuchsende kaum noch Unterschiede
- ➔ SIR- Erhöhung durch Einmischung bleibt auch nach drei Jahren bestehen

SIR - Bodenatmung Gefäße 2012-2014





Einmischung 50 Vol.-% BKS



Einmischung 10 Vol.-% BKS

Bei hoher Einmischung zeitlicher Anstieg bei SIR und Basalatmung

- Verbesserung von Bodenparametern (pH, C-Gehalt, mikrobiologische Aktivität) nach BK/BKS-Zugabe
- Über alle drei untersuchten Vegetationsperioden anhaltend gesteigerte substratreduzierte Atmung nach BKS-Zugabe
- In der dritten Vegetationsperiode erstmals signifikante Erhöhung der Biomasse bei Zugabe reiner Biokohle im Parzellenversuch
- Beschleunigung des Abbaus von MKW-Kontaminationen durch BKS-Zugabe
- Verringerung der Mobilität und Bioverfügbarkeit von PAK durch BKS/BK-Zugabe
- Angestrebter Doppelleffekt von Abbau/Sicherung vorliegender Kontaminationen UND Verbesserung der Bodenfunktionen erkennbar
- Inkubationsversuch mit C14-markierten PAK zur Aufklärung des Verhaltens/Verbleibs von PAK-Verbindungen sowie die Auswertung von Boden- und Schadstoffparametern diverser mehrjähriger Gefäßversuche sind gegenwärtig in der Bearbeitung

# Viele Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Projektfinanzierung: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Projektlaufzeit: 01.10.2010 – 31.12.2015



Working group Geoecology



Workshop „Biochar goes practice“ Berlin 9./10.2014

