

Tagungsbeitrag zu:

Jahrestagung der DBG, Kommission II

Titel der Tagung:

Unsere Böden–Unser Leben

Veranstalter: DBG**Termin und Ort der Tagung:**

5.-10.09.2015 München

Berichte der DBG (nicht begutachtete online Publikation); <http://www.dbges.de>**Auswirkungen von Biokohlesubstrat-Gaben zu ertragsschwachen Ackerböden auf das Sickerwasser und die Nährstofffrachten in einem vierjährigen Lysimeterversuch**Rademacher, A. ¹⁾, Haubold-Rosar M. ¹⁾**Zusammenfassung**

Um die Effekte von Biokohle-Substraten (BKS) auf Menge und Qualität der Sickerwässer ertragsschwacher Ackerböden zu untersuchen, wurden Lysimeterversuche mit einem Kipprohdboden und einer Podsol-Braunerde angelegt. Bei der Podsol-Braunerde aus Sand kam es nach Gabe von 90 t BKS ha⁻¹ im Vergleich mit reiner Mineraldüngung zu einem Nährstoffüberangebot und verstärkter N- und K-Auswaschung. In dem humus- und nährstoffarmen Kippboden führte die BKS-Gabe zu verbessertem Pflanzenwachstum und geringerer Sickerwasserbildung ab dem zweiten Jahr. Die N- und K-Austräge wurden reduziert. Für die Rekultivierung von Kippböden stellt der Einsatz von BKS somit eine vielversprechende Option dar.

Schlüsselwörter: Biokohle, Rekultivierung, Lysimeter, Sickerwasser, Stickstoff

Einleitung

Die Lausitzer Region im nordostdeutschen Tiefland weist einen hohen Anteil ertragsschwacher Agrarstandorte auf. Eine besondere Herausforderung für die Landnutzung stellen die Rückgabeflächen des Braunkohlenbergbaus dar (HAUBOLD-ROSAR & GUNSCHERA 2009).

Die Kipprohdböden sind zunächst weitgehend frei von rezenter organischer Substanz. Die Humusanreicherung stellt deshalb ein wichtiges Rekultivierungsziel dar. Seit einigen Jahren wird zunehmend der Einsatz von Biokohlen zur Bodenverbesserung und Kohlenstoff-Sequestrierung in Böden untersucht (VERHEIJEN et al. 2014). Vorbild sind die als Terra Preta bezeichneten, schwarzerde-artigen Böden des Amazonasgebietes (LEHMANN UND JOSEPH 2009). Biokohlen mit hoher Abbaustabilität lassen sich durch die Pyrolyse von Biomassen herstellen (SCHIMMELPFENNIG & GLASER 2010). Bisherige Forschungen zeigen, dass die Wirkungen von Biokohlegaben auf Böden und Pflanzen abhängig sind von den Charakteristika der Biokohle, des Standortes und der angebauten Kultur (JEFFERY et al. 2011, LORENZ & LAL 2014). In einigen Versuchen wurde eine Verringerung der N-Auswaschung mit dem Sickerwasser nach Biokohlegaben festgestellt (CLOUGH et al. 2013). Als Ursachen werden u.a. eine verstärkte Ammonium- bzw. Nitrat-Adsorption, N-Immobilisierung und N-Einlagerung in den Mikroporen der Biokohle angeführt.

Für die Anwendung im Pflanzenbau wird die Erzeugung von Biokohle-Substraten (BKS) empfohlen, die durch Kompostierung und Fermentation der Biokohlen mit leicht umsetzbarer organischer Substanz hergestellt werden können (GLASER & KAMMANN 2013). In einem Lysimeterversuch sollten deshalb die Effekte von BKS-Gaben auf die Menge und Qualität der Sickerwässer ertragsschwacher Böden in Nordostdeutschland untersucht werden.

Material und Methoden

Für den Versuch konnte auf nicht wägbare, grundwasserfreie und frei dränende Großlysimeter (H = 3 m, A = 1 m²) der Freiland-Lysimeterstation des FIB in Südbrandenburg zurückgegriffen werden. Die Jahresniederschläge in der Region betragen rund 570 mm, die durchschnittlichen Temperaturen 9,6°C (DWD Station Cottbus 1981-2010).

Tab. 1 zeigt einige Kennwerte der beiden Lysimeterböden, ein Kipp-Rohboden (OLn) und eine Podsol-Braunerde (PP-BB), zu Versuchsbeginn.

¹⁾ Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandchaften e.V. (FIB); Kontakt: haubold-rosar@fib-ev.de

Tab. 1: Eigenschaften der Versuchsböden im April 2011

	OLn ¹⁾	PP-BB ²⁾
<u>Oberboden (30 cm)</u>		
Bodenart	Sl2	mSgs
Skelett [%]	6	11
pH (CaCl ₂)	7,6	5,3
C _{org} [%]	0,18	1,68
N _t [%]	0,01	0,12
P _{DL} [mg kg ⁻¹]	30	83
K _{DL} [mg kg ⁻¹]	32	<5
KAK [cmol _c kg ⁻¹]	3,3	8,0
<u>Unterboden</u>		
kf [cm d ⁻¹]	80	>2000
nFK [Vol.-%]	10-14	3-5

¹⁾ schichtweise Befüllung 1996 (1-3m), 2011 (0-1m)

²⁾ horizontweise Befüllung 1974

Tab. 2: Kennwerte des Biokohlesubstrates

N	P	K	C _{org}	C/N	pH
[M.-%]					
1,22	0,24	1,0	29	23	7,5

Das Biokohlesubstrat (BKS15; Tab. 2) wurde durch die Kompostierung, Fermentation und Nachrotte einer Mischung aus Grünschnitt, Pyrolysekohle aus Holz (15 Vol.-%), Gärrückstand und Gesteinsmehl hergestellt.

Im April 2011 erfolgte die Einarbeitung von 30 bzw. 90 t TM BKS15 ha⁻¹ in die Oberböden von jeweils 2 Lysimetern bis 30 cm Tiefe. Als Referenz dient eine mineralisch gedüngte Variante (Tab. 3). Die mit 30 t BKS ha⁻¹ behandelten Böden erhielten im Sept. 2011 und Sept. 2012 erneute BKS-Gaben in gleicher Höhe, so dass insgesamt ebenfalls 90 t BKS ha⁻¹ appliziert worden sind. Seit der ersten differenzierten Düngergabe im April 2011 werden alle Varianten im übrigen gleichmäßig mineralisch gedüngt. Mit 30 t BKS wurden 400 kg N, 36 kg P und 260 kg K ha⁻¹ appliziert. Das N-Mineraldünger-Äquivalent beträgt nur 20 kg.

Nach der Erstkultur Mais mit hohen Ansprüchen an die Humus- und Nährstoffversorgung im Jahr 2011 wurde über 2 Jahre Winterroggen (WR) und in 2013/14 Winterweizen (WW) angebaut (Tab. 3). Die Erfassung der Sickerwässer erfolgt dreimal wöchentlich. Die Wasseranalysen werden

an repräsentativen Monatsmischproben durchgeführt.

Tab. 3: Düngung der Versuchsvarianten (Mineraldünger in kg ha⁻¹ Reinnährstoff)

Kultur	Termin	Düngung der Varianten (n=2)		
		MIN	30 BKS15 (3-fach) 30t ha ⁻¹	90 BKS15 90t ha ⁻¹
Mais	4/11	120N/80P 100K		
	6/11		40N	
WR	9/11		30t ha ⁻¹	
	3-8/12		40N/50P/130K 100+40+30N (zum Stroh)	
WR	9/12		30t ha ⁻¹	
	4-8/13		40N/50P/130K 100+40+30N (zum Stroh)	
WW	4-8/14	30N/30P*/160K	* OLn: 50 P	100N (Alzone)

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Durch den Einsatz des BKS wurden die C_{org}- und N_t-Gehalte sowie die Kalium- und Phosphorversorgung in der Krume beider Versuchsböden im Vergleich zu den rein mineralisch gedüngten Varianten deutlich erhöht (Tab. 4). In dem mäßig sauren Boden PP-BB hat die BKS-Gabe auch zu einer pH-Anhebung geführt. Nach dreimaliger jährlicher Gabe von 30 t TM BKS liegen die Werte in beiden Böden auf einem etwas höheren Niveau als nach einmaliger Gabe von 90 t ha⁻¹ zu Beginn des Versuches.

Tab. 4: Kennwerte der Oberböden nach der Mais- (2011) und Winterroggenernte (2013) (n=2)

Boden/ Düng. ¹⁾	pH	C _{org}	N _t	K _{DL}	P _{DL}
		[M.-%]	[M.-%]	[mg kg ⁻¹]	[mg kg ⁻¹]
<u>9/2011</u>					
<u>OLn</u> MIN	7,5	0,19	0,014	9	20
30BKS	7,5	0,28	0,018	23	23
90BKS	7,5	0,50	0,032	42	32
<u>PP-BB</u> MIN	5,3	1,54	0,110	7	98
30BKS	5,6	1,74	0,115	53	112
90BKS	6,1	2,20	0,135	187	151
<u>7/2013</u>					
<u>OLn</u> MIN	7,5	0,21	0,016	41	29
30BKS	7,5	0,64	0,032	95	41
90BKS	7,5	0,52	0,032	93	42
<u>PP-BB</u> MIN	5,6	1,39	0,096	45	107
30BKS	6,0	2,16	0,125	219	151
90BKS	5,9	1,90	0,120	105	126

¹⁾ 30BKS: 30t TM ha⁻¹ in 4/11, 9/11 und 9/12

In der Podsol-Braunerde aus Sand erzeugt der Einsatz von 90 t BKS ha⁻¹ ein Nährstoff-Überangebot.

Die Maiserträge des ersten Versuchsjahres waren auf beiden Böden nach der BKS-Gabe geringer als nach reiner Mineraldüngung (Tab. 5). Dies stimmt überein mit den Ergebnissen zeitgleich durchgeführter Feldversuche und ist auf das in Gefäßversuchen festgestellte geringe N-Mineraldüngeräquivalent des BKS zurückzuführen. Auf dem Kipp-Rohboden waren die Maiserträge deutlich geringer als auf dem gewachsenen Boden, der eine bessere Nährstoffversorgung aufweist. Dagegen zeigte das Wintergetreide in den Folgejahren auf dem Kippboden ein besseres Wachstum. Hier führten die BKS-Gaben zu Mehrerträgen. Auf der PP-BB war dies erst im 4. Jahr bei Winterweizen der Fall. In diesem relativ trockenen Jahr (480 mm Niederschlag) hat sich vermutlich insbesondere die positive Wirkung der BKS-Gaben auf den Wasserhaushalt des Sandbodens ertragssteigernd ausgewirkt.

Tab. 5: Pflanzenerträge 2011 - 2014 (n=2)

		2011	2012	2013	2014
Boden/ Düng. ¹⁾		Mais ²⁾	WR ³⁾	WR ³⁾	WW ³⁾
		[dt Getreideeinheiten ha ⁻¹]			
<u>OLn</u>	MIN	132	48	62	33
	30BKS	88	51	67	36
	90BKS	98	55	58	42
<u>PP-BB</u>	MIN	160	42	53	19
	30BKS	146	40	54	23
	90BKS	152	30	52	27

¹⁾ 30BKS: 30t TM ha⁻¹ in 4/11, 9/11 und 9/12

²⁾ Ganzpflanze ³⁾ Korntrag

Die Sickerwassermengen zeigen einen typischen Verlauf mit einer starken Versickerung von Dezember bis März und einer transpirationsbedingten Abnahme in der Vegetationsperiode. Das bessere Maiswachstum auf der Mineraldüngervariante in 2011 hatte bei beiden Böden geringere Sickerwassermengen als in den BKS-Varianten zur Folge. Bei dem Kippboden kehrt sich das Verhältnis in den Folgejahren um und die Sickerwassersummen sind über den gesamten Betrachtungszeitraum in der Mineraldüngervariante am höchsten (Abb. 1). Bei der PP-BB aus Sand weisen

die BKS-Varianten aufgrund des reduzierten Pflanzenwachstums bis zur Vegetationsperiode 2014 höhere Sickerwasserraten auf als die rein mineralisch gedüngte Referenzvariante. Erst in diesem 4. Jahr führt das bessere Weizenwachstum auf den BKS Varianten zu einer Reduzierung der Sickerwassermengen.

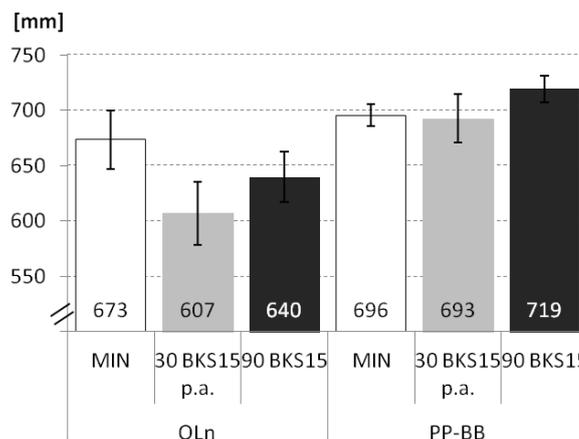


Abb. 1: Sickerwassersummen von 6/2011 bis 7/2014 (n=2)

Die monatlichen Mittelwerte der Nitrat-Stickstoff-Gehalte im Sickerwasser liegen bei dem Kipprohoden über den gesamten Versuchszeitraum mit Ausnahme von Okt./Nov. 2012 unter 10 mg l⁻¹. Bis April 2013 sind die NO₃-N-Gehalte der BKS-Varianten geringer bzw. auf dem Niveau der mineralischen Referenz. Insgesamt bleiben die N_{min}-Austräge (NO₃²⁻ + NH₄⁺) aller Varianten in den 38 Monaten unter 30 kg ha⁻¹ (Abb. 2). Die Applikation von 90 t BKS mit ca. 1.200 kg Gesamt-N ha⁻¹ führte somit in den ersten Jahren nach der Anwendung nicht zu einer verstärkten N-Auswaschung. Das gilt auch für die Kaliumausträge mit dem Sickerwasser, die in den BKS-Varianten geringer waren als nach reiner Mineraldüngung.

Die Podsol-Braunerde aus Sand zeigt eine andere Reaktion. Die Monatsmittelwerte der NO₃-N-Gehalte haben ein deutlich höheres Niveau mit Werten bis zu 55 mg l⁻¹. Das ist zum Einen auf die extrem hohe Wasserleitfähigkeit zurückzuführen (vgl. Tab. 1). Zum anderen findet in dem gewachsenen, humosen und gut durchlüfteten Oberboden eine stärkere Umsetzung und Mineralisierung der mit dem BKS zugeführten organischen Primärsbstanzien

statt als in dem jungen, humusarmen, bindigeren und mikrobiell weniger aktiven Kippboden. Die geringeren Erträge auf dem gewachsenen Boden in den Jahren 2012 und 2013 haben zudem geringere Nährstoffentzüge zur Folge. So steigt der für den Zeitraum von 38 Monaten summierte N_{\min} -Austrag bei der 90 t BKS-Variante auf 193 kg ha^{-1} (Abb. 2). Allerdings wurden aus der rein mineralisch gedüngten Variante in Summe auch $150 \text{ kg NO}_3\text{-N}$ ausgewaschen. Insbesondere im Jahr 2014 wurde das allgemein für diesen Boden zu hohe Düngungsniveau durch hohe N_{\min} -Gehalte im Boden und im Sickerwasser angezeigt.

Auch die Kaliumausträge aus der Podsol-Braunerde sind nach dem BKS-Einsatz größer als nach reiner Mineraldüngung (Abb. 2), resultierend aus höheren Sickerwassermengen in den Jahren 2011 bis 2013 und generell erhöhten K-Gehalten in den Sickerwässern der BKS-Varianten.

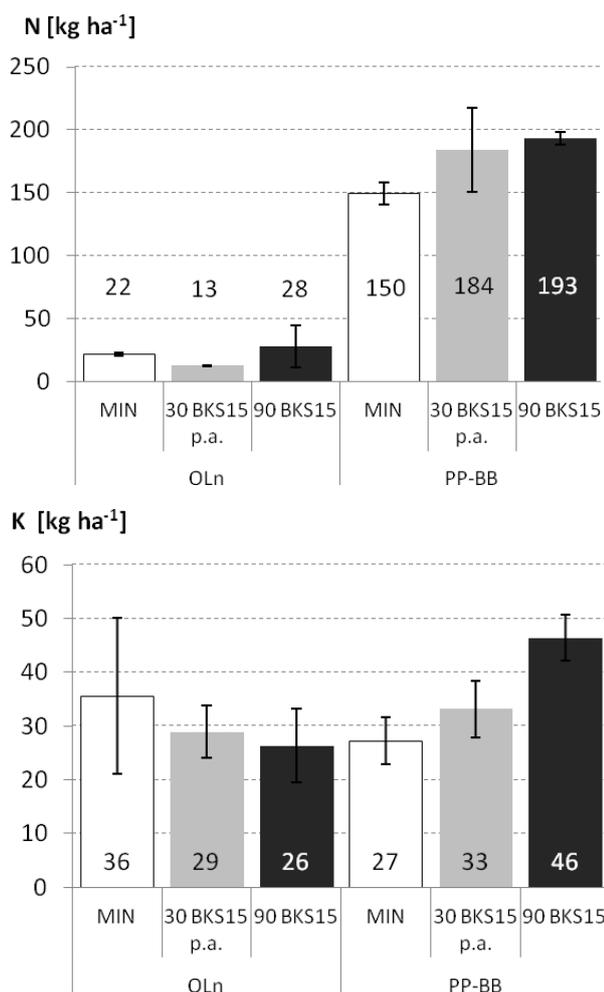


Abb. 2: Summe der N- und K-Austräge von 6/2011 bis 7/2014 (n=2)

Bei der untersuchten Podsol-Braunerde aus Sand ist es somit nach der Gabe von 90 t BKS ha^{-1} zu einem Nährstoffüberangebot und einer verstärkten N- und K-Auswaschung gekommen. Diese Effekte werden durch die Staffelung der BKS-Gabe zunächst etwas abgeschwächt. In dem humus- und nährstoffarmen Kippboden führt die BKS-Gabe von 90 t ha^{-1} zu einer Verbesserung des Pflanzenwachstums und einer Verringerung der Sickerwasserbildung ab dem zweiten Rekultivierungsjahr. Die N- und K-Austräge werden reduziert. Für die Rekultivierung von Kippböden stellt der Einsatz von BKS somit eine vielversprechende Option dar.

4 Literatur

- CLOUGH, T. et al., 2013: A Review of Biochar and Soil Nitrogen Dynamics. *Agronomy* 3, 275-293
- GLASER, B., KAMMANN, C., 2013: Wechselwirkungen von Kompost und Pflanzenkohle: Möglichkeiten und Grenzen von Terra Preta-ähnlichen Produkten. In: Fricke, K. et al. (Hrsg.): *Abfallwirtschaft meets Biochar - Perspektiven für den Klimaschutz?* Orbit e.V., Weimar, 135-148
- HAUBOLD-ROSAR, M., GUNSCHERA, G., 2009: Düngempfehlungen für die landwirtschaftliche Rekultivierung von Kippenflächen. (Schriftenreihe des FIB e.V., Bd. 1) Selbstverlag, Finsterwalde
- JEFFERY, S. et al., 2011: A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 144, 175-187
- LEHMANN, J., JOSEPH, S. (Hrsg.), 2009: *Biochar for environmental management*. Science and Technology. Earthscan. London, Washington
- SCHIMMELPFENNIG, S., GLASER, B., 2012: One Step Forward toward Characterization: Some Important Material Properties to Distinguish Biochars. *Journal of Environmental Quality*, 41, 1001-1013.
- VERHEIJEN, F. et al., 2014: Biochars in soils: new insights and emerging research needs. *European Journal of Soil Science*, 65, 22-27

Dank

Die Untersuchungen werden im Rahmen des F/E-Verbundvorhabens „LaTerra“ durchgeführt und durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert (FKZ: 033L021B).