

Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der DBG
 Titel der Tagung: Böden–Lebensgrundlage
 und Verantwortung, 7.-12.09.2013 Rostock
 Veranstalter: DBG, Kommission IV
 Berichte der DBG (nicht begutachtete on-
 line Publikation)
<http://www.dbges.de>

Zur Wirkung von Biokohle-Substraten auf den Kohlenstoff- und Nährstoffhaushalt ertragsschwacher Acker- und Kippenböden der Lausitz - Ergebnisse aus Feldversuchen

Weiß U.¹⁾, Klug A.²⁾, Haubold-Rosar M.¹⁾, Zeitz J.²⁾

Zusammenfassung

Um die Wirkung von Biokohle-Substraten (BKS) auf Bodenfunktionen und Pflanzenwachstum ertragsschwacher Acker- und Kippenböden zu klären, wurden im Frühling 2011 Feldversuche auf drei typischen, sandigen Böden der Lausitz angelegt. Die Untersuchung der Oberböden nach der Winterroggenernte im zweiten Anbaujahr 2012 ergaben, dass BKS-Gaben von 30 bis 90 t TS ha⁻¹ zu einer teilweise deutlichen Erhöhung der Kohlenstoff- und Gesamtstickstoff- sowie der verfügbaren Phosphor- und Kaliumgehalte geführt haben. Durch die Zufuhr der BKS wurden sowohl die stabilen als auch die leicht mineralisierbaren C-Pools vergrößert.

Schlüsselwörter: Boden-Rekultivierung, Organische Düngung, Biokohle-Substrat

Einleitung

Die Lausitzer Region weist einen hohen Anteil ertragsschwacher Agrarstandorte auf. Eine besondere Herausforderung für die Landnutzung stellen die Rückgabeflächen des Braunkohlenbergbaus dar. Die Kippböden sind zunächst weitgehend frei an rezenter organischer Substanz und die mikrobiologische Aktivität ist sehr gering. Die unzureichende Nährstoffversor-

gung insbesondere mit Stickstoff und Phosphor sowie eine geringe Wasserspeicherkapazität wirken sich ertragslimitierend aus. Für die land- oder forstwirtschaftliche Folgenutzung muss daher die Bodenfruchtbarkeit mit hohem Aufwand und über lange Zeiträume wieder hergestellt werden. In speziellen Rekultivierungsverfahren werden bodenmeliorative und pflanzenbauliche Maßnahmen kombiniert (HAUBOLD-ROSAR & GUNSCHERA 2009). Dabei stellt die Bildung von Dauerhumus ein vorrangiges Rekultivierungsziel dar. Hierzu wird der Einsatz von organischen Bodenverbesserungsmitteln aus Abfallstoffen oder neuartigen Humusersatzstoffen auf Braunkohlebasis propagiert, bislang aber aufgrund geringer Effektivität, hoher Kosten, unerwünschter Nebenwirkungen oder mangels Akzeptanz der Nutzer kaum umgesetzt.

Die Terra Preta ist ein schwarzerdeartiger Boden, der u.a. durch die Zufuhr organischer Abfälle und von Holzkohlen im Amazonasgebiet entstanden ist (GLASER & BIRK 2012, LEHMANN & JOSEPH 2009). Inzwischen gibt es verschiedene Technologien zur Erzeugung von Biokohle-Substraten. Die in diesem Beitrag vorgestellten Feldversuche prüfen die Verwertung von BKS im Vergleich zu konventionellen Bodenverbesserungs- bzw. Düngemitteln in der landwirtschaftlichen Rekultivierung von Kippenböden des Braunkohlenbergbaus und der Nutzung ertragsschwacher Ackerstandorte auf die Bodenfunktionen und das Pflanzenwachstum.

Material und Methoden

Das Untersuchungsgebiet liegt in der Niederlausitz in Südbrandenburg/Ostsachsen. Die langjährigen Jahresniederschläge betragen rund 570 mm, die durchschnittlichen Temperaturen 9,6°C (DWD Station Cottbus 1981-2010).

Im Frühjahr 2011 wurden auf drei typischen landwirtschaftlichen Rekultivierungs- bzw. Nutzflächen Parzellenversuche mit 6 bzw. 8 Düngevarianten als Blockanlage in vierfacher Wiederholung angelegt. Dabei handelt es sich um einen kurz zuvor verkippten Rohboden/Lockersyrosem aus quartärem Kipp-Kalklehmsand (oj-cl_s) im Tagebau Welzow, eine Pararendzina aus quartärem Kipp-Kalklehmsand (oj-cl_s), Al-

¹⁾ Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften e.V.

²⁾ Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin, FG Bodenkunde und Standortlehre

ter 40 Jahre im ehemaligen Tagebau Sedlitz und eine Braunerde aus glazifluviatilen Sand (gf-us) unter ackerbaulicher Nutzung (Zinnitz). Die bodenchemischen und physikalischen Eigenschaften

der drei Standorte vor Versuchsbeginn sind in Tabelle 1 für die oberen 30 cm angegeben.

Tab. 1: Bodenchemische- und -physikalische Eigenschaften der Oberböden vor Versuchsbeginn im Frühling 2011

Standort	Tiefe [cm]	Textur	pH (CaCl ₂)	C _{org} [%]	N _t [%]	C/N	P _{DL} --[mg kg ⁻¹ --	K _{DL}	T-Wert [cmol _c kg ⁻¹]	nFK [Vol.-%]
Welzow	0-30	Sl2	7,2	0,20	0,011	18	27 B	25 A	3,8	10,9
Sedlitz	0-30	Sl4	7,3	1,10	0,065	17	55 C	67 B	10,1	14,5
Zinnitz	0-30	Su3	6,0	0,93	0,077	12	45 B	50 B	5,1	28,0

Zum Einsatz kamen Biokohle-Substrate mit 15 bzw. 30 Vol.% Biokohleanteil (BKS15, BKS30), Gärrest und Kompost im Vergleich zur reiner Minereraldüngung. Die verwendete Kohle wurde durch Pyrolyse hergestellt. Die Eigenschaften der Substrate sind in Tabelle 2 dargestellt. Das BKS mit 15 Vol % Biokohle hat geringfügig höhere N_t-, P_t und K_t-Gehalte im Vergleich zu BKS30, welches durch einen höheren C_{org}-

Gehalt und ein weiteres C/N-Verhältnis gekennzeichnet ist. Tabelle 3 zeigt die einzelnen Düngevarianten. Bei einer Variante wurden 2011 und 2012 jeweils 30 t BKS15 aufgebracht. Als Kontrollvariante dient die in der Praxis übliche Minereraldüngergabe. Bei der mineralischen Ergänzungsdüngung der einzelnen Varianten wurde die Nährstoffbereitstellung durch die BKS-Gaben berücksichtigt.

Tab. 2: Chemische Eigenschaften der applizierten Bodenverbesserungsmittel

Substrat	N [M.-%]	P [M.-%]	K [M.-%]	C _{org} [M.-%]	C/N [%]	pH	bas. Subs. [% CaO]	Cu [mg kg ⁻¹]	Zn [mg kg ⁻¹]
BKS15 (15 Vol.-% Kohle)	1,22	0,24	1,0	29	23	7,5	3,4	24	139
BKS30 (30 Vol.-% Kohle)	1,14	0,17	0,8	39	34	7,5	3,9	19	121
Gärrückstand	1,66	0,39	2,1	42	25	8,5	n.b.	11	68
Kompost	1,04	0,21	0,8	16	15	7,0	4,4	35	218

Tab. 3: Organische und mineralische Düngung zur Anlage der Parzellenversuche im Frühling 2011

Variante	Applikation	
	organisch [t ha ⁻¹]	mineralisch [kg ha ⁻¹]
Min.düng.	0	120N/80P/100K
30 t BKS15	30	60N
60 t BKS15	60	
90 t BKS15 ¹⁾	90	
30 t BKS15/a	30	60N
60 t BKS30	60	60N
15 ^{2)/10³⁾ t Gärrest}	15/10	10P/35P
60 t Kompost	60	90N

¹⁾ nur Kipprohden Welzow ²⁾ Welzow ³⁾ Sedlitz u. Zinnitz

Als Erstkultur wurde Mais mit hohen Ansprüchen an die Humus- und Nährstoffversorgung angebaut, die zweite Kultur war Winterroggen, gefolgt von Senf (Zwischenfrucht)-Hirse-Winterweizen.

Die jeweils 4 Parzellen der Düngevarianten wurden im Frühling und zur Ernte mittels N_{min}-Bohrer in einer Tiefe von 0-30 cm beprobt. Dargestellt werden die Ergebnisse zum Zeitpunkt der Maisernte 2011 und der Winterroggenernte 2012 (Angabe der Minima, Maxima und Mediane aus vier Wiederholungen). Die Laboranalysen wurden wie folgt durchgeführt: organischer Kohlenstoff (C_{org}) nach DIN ISO 10694, Gesamtstickstoff (N_t) n. DIN ISO 13878, ver-

fügbares Phosphor und Kalium (P_{DL} , K_{DL}) n. LUFA Bd.1 A 6.2.1.2, heißwasserlöslicher Kohlenstoff (C_{hw}) in Anlehnung an heißwasserlöslichen Stickstoff (LUFA Bd.1 A 6.1.7.1). Der wasser- und natriumpyrophosphatlösliche Kohlenstoff (C_{H_2O} , C_{npyro}) mittels sequentieller Extraktion, modifiziert nach KAISER (2004).

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die C_{org} -Gehalte konnten durch die gesteigerte Applikation der organischen Substrate entsprechend angehoben werden. Diese Wirkung zeigt sich auch noch im 2. Untersuchungsjahr (Abb. 1). Die C_{org} -Gehalte sind im frisch verkippten Substrat Welzow mit 0,3-0,6 % im Vergleich zu den anderen beiden Standorten (1,0-1,5%) auch nach der Applikation noch sehr gering. Der 40jährige Kippenboden in Sedlitz hat geogen bedingt höhere C_{org} - Gehalte als der gewachsene Boden in Zinnitz.

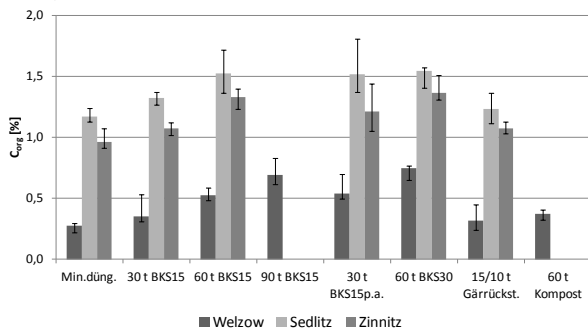


Abb. 1: C_{org} - Gehalte in 0-30 cm Tiefe im Juli 2012

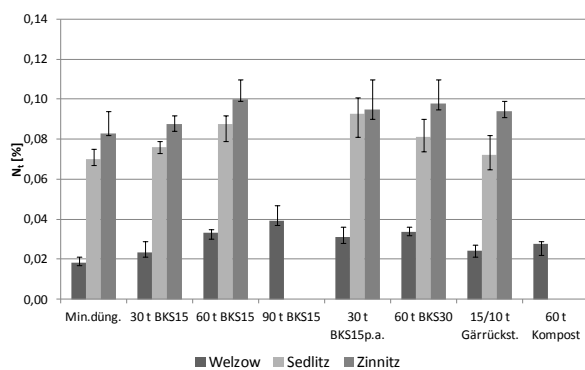


Abb. 2: N_t - Gehalte in 0-30 cm Tiefe im Juli 2012

Auch die N_t -Gehalte liegen im Vergleich der drei Standorte in Welzow auf dem niedrigsten Niveau (Abb. 2). Die höchsten Werte weist der „gewachsene“ Standort Zinnitz auf. Mit den BKS-Gaben konnte der N_t -Gehalt angehoben werden. In Welzow beträgt der Anstieg nach Gabe von 90 t ha^{-1} ca. 0,02 %.

Der pflanzenverfügbare Phosphor (P_{DL}) ist im 2. Untersuchungsjahr in Welzow und Sedlitz nach den BKS-Gaben im Vergleich zur Mineraldüngervariante nur geringfügig erhöht (Abb. 3). Die mit 30 t ha^{-1} BKS15 behandelte Variante zeigt hier keine Verbesserung. In Zinnitz ist die Wirkung der BKS-Applikationen im Allgemeinen deutlicher. Der Standort Sedlitz liegt in der Gehaltsklasse D, Welzow und Zinnitz in B (Klassen n. VON WULFFEN ET AL. 2008).

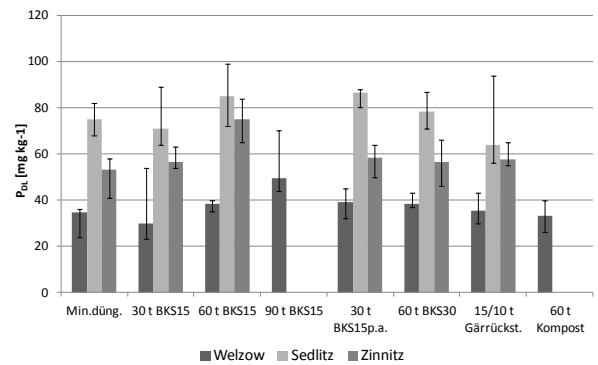


Abb. 3: P_{DL} - Gehalte in 0-30 cm Tiefe im Juli 2012

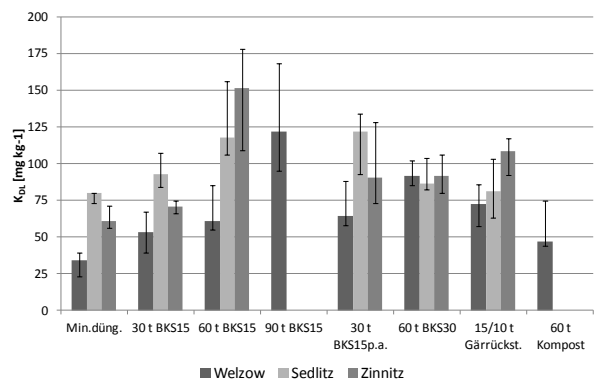


Abb. 4: K_{DL} - Gehalte in 0-30 cm Tiefe im Juli 2012

Die Kaliumverfügbarkeit wurde auf allen drei Standorten durch den Einsatz von BKS erheblich verbessert. In der zweiten Vegetationsperiode ist dieser Effekt auch bei der geringen Gabe von 30 t ha^{-1} BKS15 noch deutlich erkennbar. Entsprechend liegen die Varianten in den Versorgungsstufen B-C (Sedlitz) bzw. B-D (Welzow und Zinnitz).

Eine Kohlenstofffraktionierung wurde im Herbst 2011 an ausgewählten Varianten durchgeführt. In Tab. 4 sind die entsprechenden C_{org} -, C_{hw} - und die mittels sequentieller Extraktion gewonnenen C_{H_2O} - und C_{npyr} -Gehalte dargestellt.

Tab. 4: Gehalte verschiedener Kohlenstofffraktionen in ausgewählten Varianten im Herbst 2011

Variante	Welzow				Sedlitz				Zinnitz			
	C _{org} [%]	C _{hwl} ----- [mg kg ⁻¹]	C _{H2O}	C _{npyr} -----	C _{org} [%]	C _{hwl} ----- [mg kg ⁻¹]	C _{H2O}	C _{npyr} -----	C _{org} [%]	C _{hwl} ----- [mg kg ⁻¹]	C _{H2O}	C _{npyr} -----
Min.dünger	0,32	62	30,0	327	1,14	244	63,2	1809	1,02	337	69,7	1135
60 t BKS15	0,58	116	40,5	509	1,59	276	80,3	1995	1,72	535	99,1	1238
90 t BKS15	1,08	168	66,6	652	-	-	-	-	-	-	-	-
60 t BKS 30	0,75	101	32,3	477	1,69	231	77,2	1802	1,42	484	88,2	1170

Die aus den leicht mineralisierbaren organischen Verbindungen stammenden C_{hwl}-Gehalte der Oberböden der drei Standorte haben eine sehr große Spanne zwischen 62 und 535 mg kg⁻¹. Sie sind im „gewachsenen“ Boden Zinnitz am höchsten und im frisch verkippten Boden Welzow am niedrigsten. Die Zugabe von BKS15 führt zu einer deutlichen Erhöhung gegenüber der Mineraldüngervariante. Das ist auf die mit den BKS zugeführten, kompostierten/fermentierten Grünschnittmaterialien zurückzuführen. In den mit BKS30, also einem höherem Kohleanteil behandelten Varianten sind die Gehalte leicht mineralisierbarer organischer Verbindungen im Vergleich zu den BKS15 Varianten geringer. Gleiches gilt für die Gehalte an wasserlöslichem Kohlenstoff. Sie liegen zwischen 30 und 100 mg kg⁻¹ und zeigen an allen drei Standorten eine Erhöhung durch die BKS-Gaben, nach Anwendung von BKS15 deutlicher als nach Einsatz von BKS30. Eventuell vermindern die große Porosität und innere Oberfläche der Biokohle in Verbindung mit ihrer hohen Sorptionskapazität für organische Verbindungen die C-Konzentrationen in der Bodenlösung.

Die in Natriumpyrophosphat löslichen Kohlenstoff-Verbindungen sind als stabiler C-Pool anzusehen. Die höchsten Gehalte wurden in dem 40jährigen Kippenboden in Sedlitz festgestellt. Dies resultiert aus den geogenen Kohlenstoffverbindungen, die auch im Unterboden des Versuchsstandortes vorhanden sind. Die geringsten C_{npyr}-Gehalte liegen in dem jungen Kippenboden in Welzow vor. Durch die BKS15-Gabe wurden auch die C_{npyr}-Gehalte deutlich angehoben. Obwohl mit BKS30 mehr

Biokohle zugeführt worden ist als mit BKS15, liegen die C_{npyr}-Gehalte in den mit BKS30 behandelten Varianten auf einem niedrigeren Niveau. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass durch die angewendete Methode partikuläre Kohlenstoffverbindungen nur unvollständig erfasst wurden.

4 Literatur

- GLASER, B., BIRK, J., 2012: State of the scientific knowledge on properties and genesis of Anthropogenic Dark Earths in Central Amazonia (terra preta de Índio). *Geochimica et Cosmochimica Acta* 82, 39-51.
- HAUBOLD-ROSAR, M., GUNSCHERA, G., 2009: Düngeempfehlungen für die landwirtschaftliche Rekultivierung von Kippenflächen. (Schriftenreihe des FIB e.V., Bd. 1) Selbstverlag, Finsterwalde
- KAISER, M., 2004: Einfluss von Bewirtschaftungsmaßnahmen auf Menge und Zusammensetzung unterschiedlich stabiler Fraktionen der organischen Bodensubstanz. Diss., Potsdam
- LEHMANN, J., JOSEPH, S. (Hrsg.), 2009: Biochar for environmental management. Science and Technology. Earthscan. London, Washington, DC.
- VON WULFFEN, U., ROSCHKE, M., KAPE, H.-E., 2008: Richtwerte für die Untersuchung und Beratung sowie zur fachlichen Umsetzung der Düngeverordnung (DüV). Land Brandenburg

Dank

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