

Einfluss organischer Massenabfälle auf den N-Haushalt landwirtschaftlich rekultivierter Kippsubstrate

M. GAST und M. HAUBOLD-ROSAR

Abstract

Effects of organic waste material on N-budgets of agricultural recultivated mine soils

The effects of organic waste material on coal mine soils for agricultural recultivation have been examined in a six-year lysimeter study. After a singular application of varying amounts of compost, sewage sludge and a mixture of sewage sludge and coal sludge at the beginning of the recultivation phytomass production was clearly enhanced over a 3- to 4-year period, especially on the lignite containing sulphurous mine soils. Increase of production correlates with the received amounts of organic material. With view to the effect on phytomass production no difference was determined between the application of compost or sewage sludge.

Unexpectedly the wide ranged nitrogen input of the different variants shows no clear influence on the N-output by percolating water. As seen by input-output-balances most of the N brought in with the organic materials still remains in the system.

Due to geogenic NH_4 -release from the lignite containing mine soils the N-output by percolating water of these soils reached up to $120 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$.

Einleitung

Ein wesentliches Ziel in der Rekultivierung der vom Braunkohlentagebau beanspruchten Landschaften ist die Wiederherstellung nutzbarer Böden. Hierbei spielt der Aufbau eines ausgewogenen Humus- und Nährstoffhaushaltes eine zentrale Rolle. Für die landwirtschaftliche Rekultivierung verspricht der Einsatz organischer Massenabfälle eine Beschleunigung der Humusanreicherung und der damit verbundenen Bodenentwicklung gegenüber der gängigen Rekul-

tivierungspraxis mit reiner Mineral-düngung.

Vor diesem Hintergrund wurden der Nutzen und die Umweltverträglichkeit einmaliger Kompost- und Klärschlammgaben im Rahmen der landwirtschaftlichen Rekultivierung von Kippsubstraten des Lausitzer Braunkohlereviere im Hinblick auf die Schutzgüter Boden, Wasser und Pflanze geprüft. Zu diesem Zweck wurden Lysimeter-, Freiland- und Gefäßversuche durchgeführt.

Ziel der Untersuchungen ist, der Rekultivierungspraxis im Lausitzer Revier standortspezifische Empfehlungen zum Einsatz organischer Massenabfälle zu geben. Im Folgenden werden ausgewählte Ergebnisse zum N-Haushalt vorgestellt.

Material und Methoden

Für die Befüllung der Schwerkraftlysimeter (Grundfläche 1 m^2 , Höhe der Bodensäulen 3 m) wurden vier regional verbreitete Kippsubstrate ausgewählt. Des Weiteren wurden seit 20 Jahren mit einem Ackerbraunerde-Podsol aus Rein sand befüllte Lysimeter in die Untersuchungen einbezogen. Bei den Kippsubstraten handelt es sich um zwei quartäre und zwei tertiäre Sande bzw. Lehmsande mit variierenden Ton-Schluff- bzw. Kohlegehalten (Tabelle 1). Zur Verbesserung der Reaktionsverhältnisse sind die schwefelsauren, tertiären Kipplehmsande bis 1 m Tiefe mit Braunkohlen-

asche und die quartären Kippsubstrate mit Düngekalk bis 60 cm Tiefe grundmelioriert worden. Anschließend wurden als Bodenverbesserungsmittel (BVM) u.a. Klärschlamm (KS), Klärschlamm-Kohletrübe-Gemisch (KS/KT) und Bio-Grünkompost (BGK) in unterschiedlichen Mengen aufgebracht (KS: 10 Mg TS ha^{-1} ; KS/KT: 25 Mg TS ha^{-1} KS zzgl. $100 \text{ Mg TS ha}^{-1}$ KT; BGK: 50 und $500 \text{ Mg TS ha}^{-1}$) und bis 30 cm Tiefe eingearbeitet. Die Kontrollvarianten (0-Var) erhielten zu Versuchsbeginn eine praxisübliche, mineralische Grunddüngung in Höhe von 60 kg N ha^{-1} . Alle Versuchsvarianten wurden in zweifacher Wiederholung angelegt.

Die Bewirtschaftung der Lysimeter erfolgt in zwei baulich getrennten Anlagen ("Klärschlamm" und Kompost") seit dem Sommer 1994 bzw. 1996. Beide Anlagen durchlaufen die Rekultivierungsfruchtfolge: So-Raps (Testsaat/Grün-düngung), Wi-Roggen, Wi-Raps (Grün-düngung), Luzernegras (1 Ansaatjahr, 2 Hauptnutzungsjahre), Wi-Weizen, Wi-Gerste. Nach der differenziert ausgeführten Grundmelioration wurden die Lysimeter im weiteren Versuchsverlauf identisch bewirtschaftet. Die dafür erforderliche mineralische Düngung wurde dem i.d.R. erhöhten Nährstoffbedarf der Kippböden angepasst und durch Analysen der pflanzenverfügbaren Bodenvorräte jeweils zu Beginn der Vegetationsperiode kontrolliert.

Tabelle 1: Chemische Eigenschaften der in den Lysimetern eingesetzten Substrate.

Substrat (n. AG Boden 1994)	pH (CaCl_2)	S_t [M.%]	N_t [M.%]	C_t [M.%]
oj-(x)ls (t)	2,1 / 4,7 ¹⁾	0,39	0,063	1,5 ²⁾ / 3,2 ³⁾
oj-xls (t)	3,0 / 5,1 ¹⁾	0,36	0,072	2,9 ²⁾ / 3,9 ³⁾
oj-ss (q)	6,4	<0,01	0,005	<0,1
oj-ls (q)	4,8	<0,02	0,009	<0,1
BBp-PP ⁴⁾	5,4	<0,01	0,111	1,7

¹⁾ nach Grundmelioration mit Braunkohlenasche bis 1 m Bodentiefe; ²⁾ im Feinboden < 2 mm ; ³⁾ im Gesamtboden; ⁴⁾ A-Horizont

Autoren: Dipl.-Ing. agr. Martin GAST und Dr. Michael HAUBOLD-ROSAR, Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften e.V., Brauhausweg 2, D-03238 FINSTERWALDE

Ernte-, Sickerwasser- und Niederschlagsmengen wurden über einen sechsjährigen Untersuchungszeitraum erfasst sowie deren Inhaltsstoffe bestimmt. Die eingesetzten BVM erfüllen die gesetzlichen Anforderungen bezüglich unerwünschter Inhaltsstoffe, entsprechend AbfKlärV (1992) bzw. die BioAbfV (1999).

Ergebnisse und Diskussion

Die über den sechsjährigen Untersuchungszeitraum kumulativ aufgewachsene oberirdische Phytomasse der konventionell rekultivierten Kippsubstrate (0-Varianten) entspricht bzw. übersteigt die des Ackerbraunerde-Podsols, einem regional vorherrschenden Bodentyp bergbaulich unbeeinflusster Flächen (*Tabelle 2*). Eine Ausnahme bildet der schwach kohlehaltige Lehmsand ((x)ls), der unabhängig vom zugeführten BVM das Substrat mit dem geringsten Produktionsniveau darstellt.

In Folge des einmaligen Kompost- bzw. Klärschlammensatzes zu Rekultivierungsbeginn steigt die oberirdisch produzierte Phytomasse auf allen Substraten an. Dieser Effekt hält bis zum dritten, maximal bis zum vierten Jahr nach der Ausbringung an, anschließend sinkt die aufwachsende Phytomasse auf das Niveau der rein mineralisch gedüngten Kontrollvarianten zurück. Die Höhe der eingesetzten BVM-Menge lässt zumeist keinen Einfluss auf die Wirkungsdauer erkennen. Lediglich die 500 BGK-Variante auf dem schwach kohlehaltigen Lehmsand zeichnet sich durch eine über den gesamten Versuchszeitraum deutlich erhöhte Phytomasseproduktion aus. Sie beträgt das Doppelte der rein mineralisch gedüngten 0-Variante.

Mit steigender Aufbringungsstärke der BVM nimmt die kumulierte Phytomasseproduktion auf den Kippsubstraten zu. Dagegen wurde auf dem Ackerbraunerde-Podsol durch die Aufbringung kein oder ein nur sehr geringer Effekt auf die Phytomasseproduktion erzielt.

Mit der Applikation organischer Reststoffe zu Beginn der Untersuchung wurden z.T. sehr hohe N-Mengen zugeführt. In den 500 BGK-Varianten betrug der N-Input im Rahmen der Grundmelioration 8.765 kg ha⁻¹, in den 25 KS/100 KT-Varianten wurden 880 kg N ha⁻¹ mit den

Tabelle 2: Oberirdische Phytomasse ausgewählter Varianten.

Substrat	Variante	Rekultivierungsjahr						Σ	1-6 [%]
		1	2	3	4	5	6		
Anlage "Kompost", 9/1996 - 9/2002									
oj-(x)ls (t)	0 Var	5	1	5	1	5	4	21	100
	50 BGK	5	3	5	3	6	5	27	131
	500 BGK	10	5	7	4	8	8	42	202
oj-ss (q)	0 Var	13	5	10	6	8	7	49	100
	50 BGK	13	5	11	6	8	7	50	103
	500 BGK	15	7	12	7	8	9	57	117
oj-ls (q)	0 Var	15	5	13	7	13	11	64	100
	50 BGK	15	7	14	7	14	11	69	107
	500 BGK	19	8	14	8	13	11	72	112
Anlage "Klärschlamm", 9/1994 - 9/2000									
oj-(x)ls (t)	0 Var	8	2	4	4	8	6	31	100
	5 KS	10	3	5	5	8	5	35	113
	10 KS	11	3	6	6	8	6	39	126
	25 KS/100 KT	12	4	5	6	7	6	41	132
oj-xls (t)	0 Var	8	4	6	6	8	6	37	100
	5 KS	12	4	6	7	7	6	42	112
	10 KS	14	4	5	6	9	7	45	121
	25 KS/100 KT	16	5	7	8	9	8	52	140
BBp-PP	0 Var	10	3	7	7	6	5	38	100
	5 KS	11	3	6	6	5	5	36	97
	10 KS	12	4	6	6	5	5	37	98
	25 KS/100 KT	14	4	6	6	4	5	40	106

organischen Reststoffen zugeführt. Während der anschließenden Bewirtschaftung erhielten alle Varianten 940 - 950 kg N ha⁻¹ in Form von Kalkammonsalpeter.

Die Input-Output-Bilanzen lassen schließen, dass der mit den BVM eingebrachte Stickstoff, in den mit BGK bzw. mit 25 KS/100KT beaufschlagten Varianten nach sechsjähriger Versuchsdauer zum überwiegenden Teil in den Lysimetern verblieben ist (*Tabelle 3*). Der an den Sickerwasserfluss gebundene N-Output aus den Kippsubstraten lässt im Gegensatz zum Ackerbraunerde-Podsol keinen Bezug zum deutlich differenzierten N-Input der verschiedenen Varianten erkennen. Dagegen steigt durch Abfuhr der Ernteprodukte der N-Entzug mit zunehmender Kompost- bzw. Klärschlammgabe auf den Kippsubstraten an. Den engen Zusammenhang von Phytomasseproduktion und N-Abfuhr mit dem Erntegut verschiedener Varianten auf gleichem Kippsubstrat belegt das Bestimmtheitsmaß von $r^2 = 0,85 - 1,00$.

Durch Freisetzung aus der fossilen organischen Substanz weisen die Sickerwässer der tertiären Kippsubstrate eine

geogene NH₄-Belastung auf (GAST et al., 2001; KATZUR und LIEBNER, 1995). Mit durchschnittlich bis zu 120 kg N ha⁻¹ a⁻¹ treten die höchsten Sickerwasserausträge bei den Lysimetern mit schwach kohlehaltigem Lehmsand ((x)ls) auf. Dagegen sind die sickerwasser gebundenen N-Austräge aus dem quartären Lehmsand (ls) mit maximal 2 kg N ha⁻¹ a⁻¹ äußerst gering. Zurückzuführen ist dies u.a. auf die hohen N-Entzüge durch Abfuhr des Ernteguts sowie die vergleichsweise sehr geringen Sickerwassermengen (*Abbildung 1*). Während bei den anderen Substraten die in 3 m Tiefe auftretenden Sickerwassermengen 120 - 260 % der bei Feldkapazität gespeicherten Wassermenge betragen und somit während der Versuchsdauer ein kompletter Austausch der Bodenlösung gewährleistet ist, wurden in den mit quartärem Lehmsand gefüllten Lysimetern nur etwa 2 - 30 % der bei Feldkapazität gespeicherten Wassermenge ausgetauscht. Auf Grund dieser reduzierten Verlagerungsdynamik sind Aussagen zum N-Haushalt des quartären Lehmsandes in stärkerem Maße von vorläufiger Art. Es ist zu vermuten, dass bis zum

Tabelle 3: N-Bilanz ausgewählter Varianten, Versuchsdauer: sechs Jahre; Angaben in kg N ha⁻¹.

Substrat	Variante	Input BVM	Düngung	Deposition	Output Ernte	Sickerwasser	Bilanz
Anlage "Kompost", 9/1996 - 9/2002							
oj-(x)ls (t)	0	0	1010	92	403	721	-22
	50 BGK	877	950	92	591	740	587
	500 BGK	8765	950	92	875	732	8200
oj-ss (q)	0	0	1010	92	1059	187	-144
	50 BGK	877	950	92	1121	176	623
	500 BGK	8765	950	92	1290	177	8341
oj-ls (q)	0	0	1010	92	1238	11	-147
	50 BGK	877	950	92	1442	13	463
	500 BGK	8765	950	92	1446	2	8359
Anlage "Klärschlamm", 9/1994 - 9/2000							
oj-(x)ls (t)	0	0	1000	92	529	463	101
	10 KS	216	940	92	725	429	93
	25 KS/100 KT	880	940	92	780	443	689
oj-xls (t)	0	0	1000	92	726	267	99
	10 KS	216	940	92	896	269	84
	25 KS/100 KT	880	940	92	1005	240	667
BBp-PP	0	0	1000	92	722	165	206
	10 KS	216	940	92	689	274	285
	25 KS/100 KT	880	940	92	730	265	918

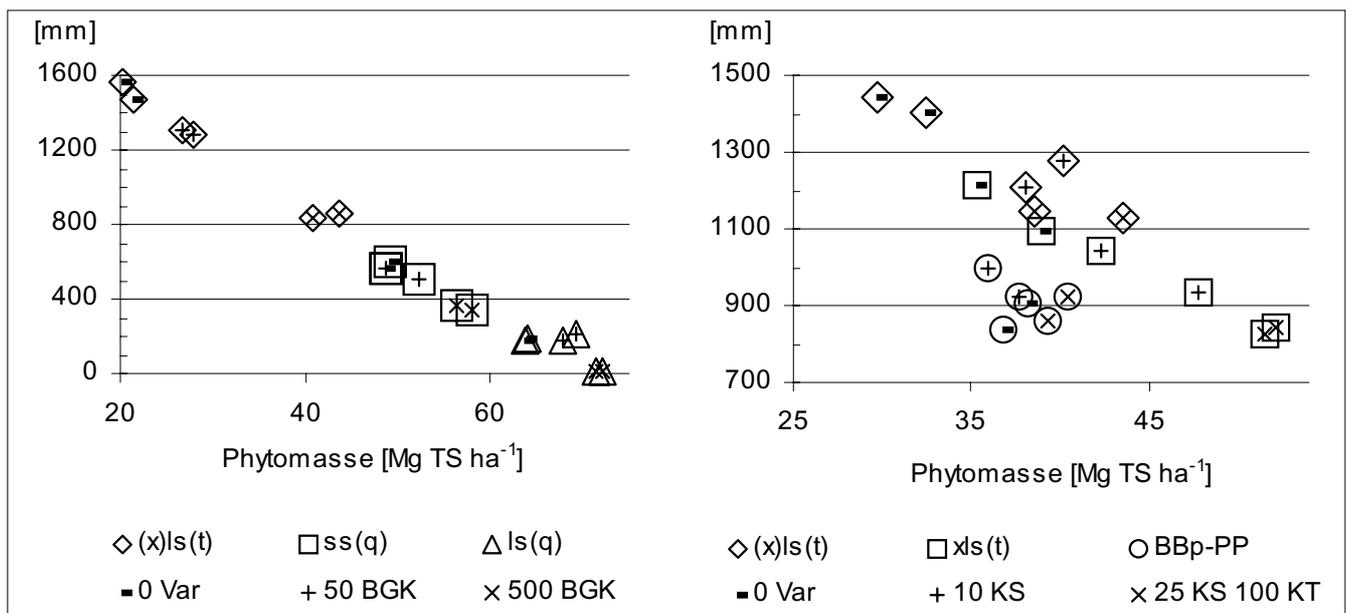


Abbildung 1: Kumulierte Biomasseproduktion und Sickerwassermengen in 3 m Tiefe.

vollständigen Austausch der gespeicherten Bodenlösung jeder der sporadisch auftretenden Sickerwasseraustritte eine relativ große Änderung der N-Bilanzen bewirkt.

Zusammenfassung

Untersucht wurde die Wirkung einer einmaligen Applikation der organischen BVM Kompost, Klärschlamm und Klärschlamm-Kohletrübe-Gemisch zu Beginn

der landwirtschaftlichen Rekultivierung von tertiären und quartären Kippsubstraten sowie auf einem Ackerbraunerde-Podsol. Im Vergleich zu den rein mineralisch gedüngten Kontrollvarianten stieg infolge des BVM-Einsatzes die oberirdische Phytomasseproduktion an, insbesondere auf den tertiären Kippsubstraten. Dabei korreliert die produzierte Phytomasse mit der Einsatzmenge der BVM. Hinsichtlich der Wirksamkeit auf

die Phytomasseproduktion besteht kein Unterschied zwischen den Kompost- und Klärschlamm-Varianten. Unabhängig vom eingesetzten BVM gleichen sich die Phytomassen i.d.R. nach 3 - 4 Jahren denen der Kontrollvarianten an.

Der stark differenzierte N-Input infolge des BVM-Einsatzes zu Rekultivierungsbeginn zeigt während des sechsjährigen Bilanzierungszeitraums keinen Effekt auf den sickerwassergebundenen N-Aus-

trag. Auch bei sehr hohem N-Input durch die Aufbringung und Einarbeitung hoher BVM-Mengen konnte keine erhöhte Auswaschung nachgewiesen werden. Mit zunehmender Aufwandstärke der BVM steigt hingegen der N-Entzug infolge der Abfuhr des Erntegutes. Bedingt durch NH_4 -Freisetzung aus der fossilen organischen Substanz können tertiäre Kippsubstrate sehr hohe N-Austräge aufweisen.

Literatur

AbfKlärV, 1992: Klärschlammverordnung. Bundesgesetzblatt Teil I, 912ff.

AG Boden, 1994: Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. Auflage. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover (Hrsg.). Schweizerbart, Stuttgart, 392 S.

BioAbfV, 1998: Bioabfallverordnung - Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden. Bundesgesetzblatt, Teil I, Nr. 65, 2955ff.

GAST, M., W. SCHAAF, R. WILDEN, J. SCHERZER, B.U. SCHNEIDER and R.F. HÜTTL, 2001: Water and element budgets of pine stands on lignite and pyrite containing mine soils. *Journal of Geochemical Exploration* 73, 63-74.

KATZUR, J. und F. LIEBNER, 1995: Dreijährige Ergebnisse eines Großlysimeterversuches zu den Auswirkungen der Abraumsstrate und Aschemelioration auf Sickerwasserbildung und Stofffrachten der Sickerwässer auf den Kippen und Halden des Braunkohlenbergbaus. - BAL-Bericht 5. Gumpensteiner Lysimetertagung, Irdring, 29-36.