

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 63–67	2 Abb., 2 Tab., 7 Lit.
------------------------------	---------	-------------	----------	------------------------

Entwicklung chemischer und physikalischer Eigenschaften landwirtschaftlich rekultivierter Regosole aus Kippsanden mit einer Abdeckung aus humosen Sedimenten des Weißen Schöps im Tagebau Reichwalde

STEFAN LUKAS, MICHAEL HAUBOLD-ROSAR & THOMAS NEUMANN

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Durch die Gewinnung von Braunkohle im Tagebau wird großflächig Land beansprucht. Die Auswirkungen sind gemäß Bergrecht durch geeignete Maßnahmen zur Wiedernutzbarmachung der abgebagerten Böden auszugleichen. Neben grundlegenden geotechnischen und wasserwirtschaftlichen Verfahren ist dabei die Wiederherstellung der natürlichen Bodenfunktionen entsprechend § 2 Abs. 2 Ziff. 1 und 3c BBodSchG im Rahmen der landwirtschaftlichen Rekultivierung von entscheidender Bedeutung. Deren vorrangiges Ziel ist die nachhaltige Entwicklung der Bodenfruchtbarkeit und damit die langfristige Nutzbarkeit als Agrarflächen durch eine standortgerechte Bodennutzung. Dabei werden die für die Rekultivierung von Kippsubstraten im Lausitzer Braunkohlerevier aus wissenschaftlichen Untersuchungen erarbeiteten Rekultivierungsverfahren umgesetzt. Diese berücksichtigen die spezifischen Eigenschaften verschiedener Kippsubstrate und beinhalten neben der Auswahl geeigneter Kulturpflanzen auch die Gestaltung der Fruchtfolge, Bodenbearbeitung und Düngung (AUTORENKOLLEKTIV 1982, HAUBOLD-ROSAR & GUNSCHERA 2009). Kippsubstrate mit ähnlichen Bodeneigenschaften, Ertragspotentialen und Rekultivierungsanforderungen wurden zu sogenannten Behandlungseinheiten (Bhe) mit jeweils definierten Richtwerten zur Kennzeichnung der Bodenfruchtbarkeit zusammengefasst (GUNSCHERA 1978, KATZUR & HANSCHKE 1990). Diese Richtwerte sollen nach 10 bis 14 Jahren bei verfahrensgerechter Bewirtschaftung erreicht werden und dienen der Beurteilung des Rekultivierungserfolges sowie zur Ableitung weiterer Bewirtschaftungsmaßnahmen.

Im Unterschied zur herkömmlichen Vorgehensweise der ausschließlichen Verkippung humusarmer bzw. -freier Substrate wurden auf landwirtschaftlichen Rekultivierungsflächen im Tagebau Reichwalde Weichsel-kaltzeitliche Sande mit einer Deckschicht aus quartärem, humosem Oberbodenmaterial, bestehend aus Lehmen und Sandlehmen ehemaliger Auenflächen überzogen. Damit sollen günstigere Ausgangsbedingungen für die Boden- und Ertragsentwicklung geschaffen werden.

Das Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften e. V. hat im Rahmen eines Monitorings von 2017 bis 2023 auf einem solchen Kippenareal im Tagebau Reichwalde in regelmäßigen Abständen Bodenuntersuchungen durchgeführt, um die Entwicklung der dortigen Kippböden während der ersten Rotationsfruchtfolge zu erfassen und zu bewerten. Das betrifft in erster Linie den Nährstoffhaushalt, der in kurzen Zeitabständen überprüft wurde, sowie auch die Entwicklung des Humusgehaltes, der Bodendichte, der Durchlüftung und des Bodenwasserhaushaltes.

2 Standort, Material und Methoden

Die etwa 1 ha große Monitoringfläche befindet sich ca. 600 m nordöstlich der Ortschaft Reichwalde und wurde als Langparzelle mit vier Teilparzellen á 50 x 50 m konzipiert. Sie ist Bestandteil eines ersten, ca. 50,6 ha großen Wiedernutzungsabschnitts im Rahmen der Herstellung von insgesamt 120 ha im südlichen Teil des Tagebaus Reichwalde (Abb. 1), die für eine landwirtschaftliche Folgenutzung vorgesehen sind. Das Relief ist nahezu eben und es besteht kein Grundwasseranschluss.

Das ehemalige Brückenkippenareal wurde im Absetzertrieb zum größten Teil mit Weichsel-kaltzeitlichen Sanden aus dem Hochschnitt überzogen, welche interstadiale Schluffbröckchen enthalten und dadurch eine Aufwertung bis hin zu Lehmsanden erfahren haben. Die nach Abschluss der Planierung Ende April 2016 durchgeführte bodengeologische Kartierung ergab, dass der überwiegende Teil des späteren Unterbodens auf der Fläche durch quartäre Lehmsande mit Lehmschluffbrocken [oj-(lu)ls (q)] (42 %) sowie kiesführende Reinsande mit Lehmtombrocken und tertiären Beimengungen [oj-(lt)(k)ss (tq)] (44 %) mit einer Spanne der Bodenarten von St2 bis mSfs geprägt wird (C & E 2016; Bodenarten und Substratangaben nach AD-HOC-AG BODEN 2005). Im Anschluss an eine Grundmelioration (Kalkung und Düngung) wurde auf den Unterboden mit Dumpfern eine Deckschicht aus quartärem, humosem Oberbodenmaterial aufgetragen und auf eine Ziel-Mächtigkeit von 30 cm eingeebnet. Dieses aus dem Tagebauvorfeld mit mobiler Sondertechnologie (Planierraupe, Universalbagger, Dum-



Abb. 1: Untersuchungsfläche im Tagebau Reichwalde (rotes Rechteck) in Ostsachsen

per) gewonnene Material entstammt Auenböden aus Sedimenten des Weißen Schöps mit Bodenarten von Lehmsand über Sandlehm und Lehm bis hin zu Tonlehm.

Alle Maßnahmen der Rekultivierung erfolgten in Anlehnung an die Richtlinien der Vattenfall Europe Mining AG (VEM 2013) durch den bewirtschaftenden Landwirtschaftsbetrieb. Als Erstkultur wurde Ende November 2016 Winterroggen gesät und Ende Mai 2017 zur Gründüngung in den Oberboden eingearbeitet. Anschließend wurde die Fläche abweichend von der empfohlenen Rekultivierungsfuchtfolge mit einer Zwischenfruchtmischung bestellt. Diese wurde im Frühjahr 2018 gemulcht und durch eine mehrjährige Luzerne-Gras-Mischung ersetzt. Im Herbst 2022 wurde die Fläche umgebrochen und mit einem Gemenge bestehend aus Waldstaudenroggen, Weidelgras, Inkarnatklée sowie Winterwicke bestellt.

Jeweils im Frühjahr (vor der Düngung) wurden Bodenuntersuchungen zur Bestimmung des pflanzenverfügbaren Nmin-, P- und K-Gehaltes vorgenommen, im Spätsommer/Herbst (nach der Ernte) wurde der Oberboden erneut auf Gehalte an pflanzenverfügbarem P und K untersucht. Um die weitere Bodenentwicklung festzustellen und zu dokumentieren, wurden in den Jahren 2017 und 2021 Proben für bodenphysikalische und -chemische Analysen entnommen. Dazu wur-

den in beiden Untersuchungsjahren je zwei Bodenprofile bis 100 cm Tiefe angelegt und nach AD-HOC-AG BODEN (2005) angesprochen und beschrieben. Aus den Tiefenstufen 0–30, 30–50 und 50–70 cm wurden jeweils 6 ungestörte Bodenproben für die Bestimmung der gesättigten Wasserleitfähigkeit (kf-Wert), Porenvolumina, Luftleitfähigkeit, nutzbaren Feldkapazität und des Trockenraumgewichtes mittels Stechzylinder (100 cm³) senkrecht sowie je eine gestörte Mischprobe für die Analyse der Textur, der Festsubstanzdichte sowie des Totwassergehaltes entnommen. Zusätzlich wurden aus den Tiefen 0–30 und 30–60 cm Mischproben für chemische Untersuchungen hergestellt.

3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

In den im Mai 2017 sowie November 2021 aufgenommenen Profilgruben wurde als Bodentyp jeweils ein Regosol [RQ] mit einer jAp/jlC-Horizontierung ausgewiesen (Abb. 2). Die carbonatfreien, schwach tonigen bis stark lehmigen Sande des Oberbodens sind kompakt gelagert (Kohärent-, teilweise auch Fragmentgefüge), weisen aber dennoch nur geringe bis mittlere Trockenraumgewichte, eine hohe Luftkapazität sowie eine sehr hohe Wasserleitfähigkeit auf (Tab. 1). Die nutzbare Feldkapazität ist mit durchschnittlich 11 bis 15 Vol.-% als gering bis mittel zu bewerten (nach



Abb. 2:
Bodenprofil auf der Untersuchungsfläche
im Tagebau Reichwalde im November 2021
(Foto: S. Lukas)

Tab. 1: Bodenphysikalische Kennzahlen der Kippböden am Standort Reichwalde im Vergleich der Jahre 2017 und 2021 [Median, n = 24 je Horizont]

Tiefe	[cm]	2017			2021		
		0–30	30–50	50–70	0–30	30–50	50–70
Rt	[g cm ⁻³]	1,46	1,76	1,85	1,49	1,70	1,77
Ges.-PV	[Vol.-%]	44,9	34,2	30,8	41,3	34,7	31,9
Porenziff.		0,81	0,52	0,44	0,70	0,53	0,47
LK	[Vol.-%]	13,3	19,3	17,1	14,5	23,4	19,3
FK	[Vol.-%]	28,8	14,9	13,7	26,5	11,7	12,1
nFK	[Vol.-%]	11,4	9,3	7,2	14,9	7,9	7,8
TW	[Vol.-%]	16,0	6,3	7,5	12,3	3,9	4,3
ka	[µm ²]	2,07	6,15	6,37	9,75	15,3	9,40
kf	[cm d ⁻¹]	177	131	95	228	303	162

AD-HOC-AG BODEN 2005). Dagegen wurden in den mit Tonlehmfragmenten durchsetzten, sehr schwach humosen (Lehm-)Sanden des Unterbodens eine deutlich höhere Dichtlagerung und nur geringe Gesamtporenvolumina diagnostiziert. Trotz der hohen Trockenraumgewichte ist eine sehr gute Durchlüftung und eine sehr hohe Wasserdurchlässigkeit gegeben (Tab. 1). Gegenüber den Ausgangsbedingungen des Jahres 2017 wurde im Jahr 2021 im Oberboden eine minimal höhere Lagerungsdichte bei

verringertem Gesamtporenvolumen festgestellt, während der Unterboden etwas lockerer gelagert ist, was sich positiv auf das Gesamtporenvolumen und den Anteil weiter Grobporen (Luftkapazität) ausgewirkt hat. In allen untersuchten Tiefenstufen ist eine Zunahme der gesättigten Wasserleitfähigkeit sowie der Luftleitfähigkeit zu verzeichnen. Vor allem im Unterboden kann dies neben der geringeren Lagerungsdichte auch auf die etwas höheren Sandanteile in den im Jahr 2021 untersuchten Bodenprofilen zurückgeführt

Tab. 2: Nährstoffversorgung und bodenchemische Kennzahlen der Kippböden am Monitoringstandort Reichwalde im Vergleich der Jahre 2017 und 2021 [Mittelwerte, $n = 2$ je Horizont]

Tiefe	[cm]	2017		2021	
		0–30	30–50	0–30	30–60
pH (CaCl ₂)		5,5	5,1	5,6	4,9
C _{org}	[M.-%]	2,04	0,27	1,56	0,24
N _t	[M.-%]	0,16	0,02	0,12	0,01
C/N		12,7	14,2	13,0	19,5
KAK _{pot}	[cmol _c kg ⁻¹]	17,5	3,7	10,3	3,0

werden. Der im Jahr 2021 untersuchte Oberboden weist zudem einen geringeren Anteil an Feinporen (Totwasser) zugunsten eines höheren Anteils an engen Grobporen und Mittelporen (pflanzenverfügbares Wasser) auf.

Der C_{org}-Gehalt des aufgetragenen schwach sauren Oberbodens ist im Untersuchungszeitraum zwar von 2,04 auf 1,56 M.-% abgesunken (Tab. 2). Der bodenkundliche Richtwert von 0,5 bis 0,9 M.-% C_{org} (HAUBOLD-ROSAR & GUNSCHERA 2009) für die landwirtschaftliche Rekultivierung vergleichbarer Substrate ist damit im Hinblick auf die Humusanreicherung aber bereits erreicht bzw. übererfüllt. Es ist allerdings zu vermuten, dass das neue, standort- und nutzungsbezogene Fließgleichgewicht auf der Fläche noch nicht erreicht ist. Im Unterboden liegt der Gehalt an organischem Kohlenstoff fast eine Größenordnung niedriger als im Oberboden, das Substrat ist mit 0,4 bis 0,5 M.-% sehr schwach humos. Mit einem Gesamt-N-Gehalt von 0,12 M.-% sind in dem aufgetragenen Oberboden bereits erhebliche N-Vorräte, überwiegend als organischer N-Pool vorhanden. Das enge C/N-Verhältnis von 13 bietet günstige Bedingungen für eine mikrobielle Umsetzung organischer Substanzen. Die Versorgung mit pflanzenverfügbarem K bzw. P ist im Oberboden zu Beginn der Inkulturnahme gering bzw. bereits optimal, am Ende des 7. Rekultivierungsjahres liegen für beide Pflanzennährstoffe optimale (P) bis leicht erhöhte (K) Gehalte vor. Die Oberbodenrichtwerte für die landwirtschaftliche Rekultivierung sind im Hinblick auf die Versorgung mit P (70 mg kg⁻¹ TS) und K (110 mg kg⁻¹ TS) erreicht bzw. übererfüllt. Im Unterboden (30–60 cm) wurden im gesamten Untersuchungszeitraum kippsubstrattypisch nur sehr geringe Gehalte an pflanzenverfügbarem P und K festgestellt. Weiterhin wurde im Oberboden aufgrund des höheren Anteils an Tonmineralen, vor allem aber auch aufgrund des höheren Humusgehaltes eine mittlere Kationenaustauschkapazität festgestellt, während das sandigere und gleichzeitig humusarme Unterbodensubstrat nur eine sehr geringe Kationenaustauschkapazität besitzt (Bewertung nach AD-HOC-AG BODEN 2005).

Während das Pflanzenwachstum in den ersten Rekultivierungsjahren aufgrund extremer Trockenphasen teilweise stark beeinträchtigt wurde, konnte im weiteren Verlauf

der Rekultivierung ein im regionalen Vergleich gutes Ertragspotenzial der Fläche festgestellt werden. Die Umrechnung der Trockenmasseerträge in Getreideeinheiten nach GUNSCHERA (1998) ergibt für die Rekultivierungsfläche unter Berücksichtigung der Ertragshebungen von 2019 bis 2023 einen durchschnittlichen GE-Ertrag von 44 dt ha⁻¹. Dieser liegt deutlich über den von GUNSCHERA für Kippböden in den ersten Rekultivierungsjahren angegebenen Richtwerten (HAUBOLD-ROSAR & GUNSCHERA 2009). Dies ist insbesondere auf den Auftrag des humosen Auenbodenmaterials zurückzuführen. Das Ertragsvermögen des Standortes ist jedoch anfällig gegenüber länger andauernden Trockenphasen. Das Speichervermögen für Niederschlagswasser (auch aus häufiger auftretenden Starkregenereignissen) ist überwiegend auf den im Mittel ca. 30 cm mächtigen Oberboden beschränkt. Der stark sandige Unterboden ist kaum in der Lage, überschüssig in die Tiefe ablaufendes Niederschlagswasser entgegen der Schwerkraft zu halten.

Literatur:

- AUTORENKOLLEKTIV (1982): Empfehlungen zur landwirtschaftlichen Rekultivierung von Kippen des Braunkohlenbergbaues. – AdL der DDR (Hrsg.), 60 S.
- C & E GmbH (2016): Bodengeologischer Kartierungsbericht. Tagebau Reichwalde. Fläche WR 110a v. – Bericht vom 02.06.2016, 29 S. (unveröff.)
- GUNSCHERA, G. (1978): Landwirtschaftliche Rekultivierungsmaßnahmen auf quartären bindigen Kippsubstraten in der Niederlausitz. – Dissertation Martin-Luther-Universität, 192 S., Halle
- GUNSCHERA, G. (1998): Erarbeitung eines Bewertungsrahmens für die landwirtschaftlichen Kippenflächen anhand des Ertragsniveaus und Herstellung eines Vergleichsschemas zu den Ackerzahlen von gewachsenen Böden auf der Grundlage der LN-Flächen des Tagebaues Schlabendorf Süd. – Bericht Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandchaften e.V., 111 S. (unveröff.)

HAUBOLD-ROSAR, M. & G. GUNSCHERA (2009): Düngempfehlungen für die landwirtschaftliche Rekultivierung von Kippenflächen. – Schriftenreihe des Forschungsinstituts für Bergbaufolgelandschaften e.V. **1**, 100 S.

KATZUR, J. & L. HANSCHKE (1990): Pflanzenerträge auf meliorierten schwefelhaltigen Kippböden und die bodenkundlichen Zielgrößen der landwirtschaftlichen Rekultivierung. – Arch. Acker- u. Pflanzenbau und Bodenkunde **34**, S. 35–43

VEM (Vattenfall Europe Mining AG) (2013): Grundlagen und Leitlinien für die Rekultivierung und Landschaftsgestaltung bei der Vattenfall Europe Mining AG. – 353 S. – (unveröff.)

Anschriften der Autoren:

Stefan Lukas
Michael Haubold-Rosar
Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften e.V.
Brauhausweg 2
03238 Finsterwalde

Thomas Neumann
Lausitz Energie Bergbau AG, Abt. Entwässerung/
Rekultivierung
An der Heide 1
03130 Spremberg