

Tagungsbeitrag zu:

Jahrestagung der DBG, Kommission V

Titel der Tagung:

Horizonte des Bodens

Veranstalter: DBG

Termin und Ort der Tagung:

2.-7. September 2017, Göttingen

Berichte der DBG (nicht begutachtete online Publikation) <http://www.dbges.de>

Schwermetalle in anthropogenen Böden – Untersuchung des Tagebaus „Eiserne Hand“ im ehemaligen Eisenerzabbaugebiet Dillenburg-Oberscheld

Collin Weber¹ & Christian Opp¹

Zusammenfassung

Im Bereich des Dill-Gebietes, wurde bis in die 1980er Jahre, vorwiegend oberdevonische Roteisenerze im Über- und Untertagebau gefördert. Dies hat eine Vielzahl von Bergbauhalden und stark anthropogen beeinflussten Böden zu Folge, welche die Umgebung des Ortes Oberscheld kennzeichnen.

Ziel der Untersuchung war es, am Beispiel einer ausgewählten Bergbauhalde, die anthropogenen Böden anzusprechen und deren Schwermetallgehalte zu ermitteln. Ebenso sollte die terrassierte Haldenmorphologie, im Hinblick auf die Verteilung der Schwermetalle im Boden berücksichtigt werden. Methodisch erfolgten eine kleinräumige Kartierung des Bodeninventars und die Ansprache von sieben Bodenprofilen.

Neben der Ermittlung von bodenchemischen Parametern wurden die in Königswasser löslichen Konzentrationen von 12 Isotopen,

mittels Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasmas (ICP-MS), bestimmt.

Festzustellen ist, dass die Böden im Untersuchungsgebiet einer starken anthropogen bedingten Veränderung unterliegen und sich nach KA5 als Braunerden (BB) oder Ranker-Braunerden (RN-BB) ansprechen lassen. Bodenmaterial der Umgebung des Tagebaus, ist hier nachträglich auf eine Gesteinshalde geschüttet worden und bildet nun die Oberfläche der Bergbauhalde. Ebenfalls weisen die Haldenböden, im Gegensatz zu den natürlichen Böden der Umgebung, erhöhte Gehalte der Elemente Al, Fe, V, Cr, Co, Ni, Cu und Zn auf. Durch die Terrassierung der Halde lassen sich kleinräumige Unterschiede in der Spurenelementkonzentration an Hängen und ebenen Flächen feststellen.

Unter Berücksichtigung der Bodenart, des Humusgehaltes und des pH-Wertes besteht eine Tendenz zu Mobilisierung der Spurenelemente.

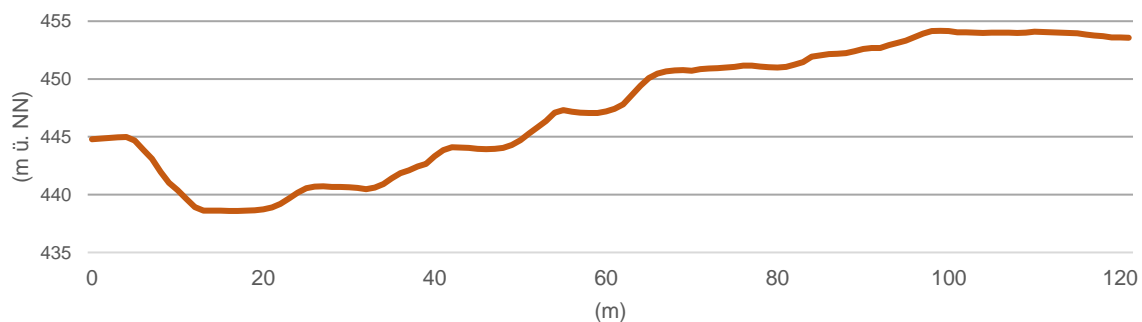
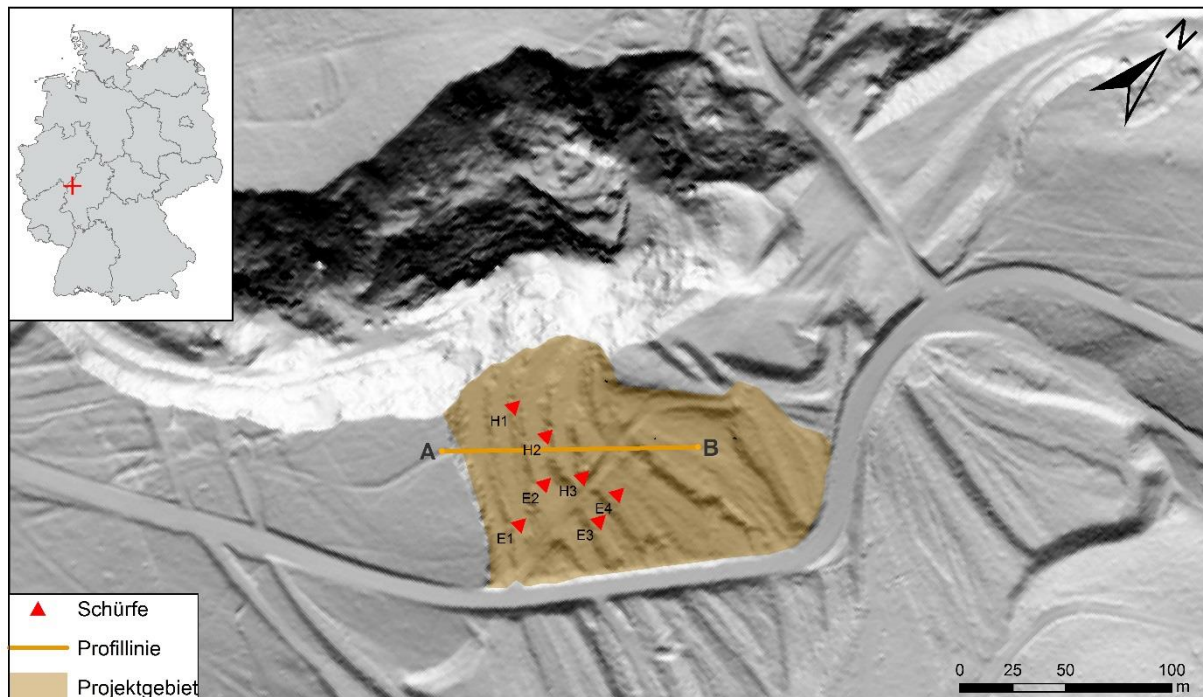
Schlüsselworte: Bergbaufolgelandschaft, Anthropogene Böden, ICP- MS, Schwermetallanalyse

Einleitung

Der Schelder Wald im westlichen Gladenbacher Bergland (Hessen) zeichnet sich durch eine Bergbaugeschichte seit der Latènezeit bis in die 1980er Jahre aus. Vergleichbar mit anderen Bergbauregionen in Deutschland wurden Landschaft und Böden stark durch die Montanaktivitäten beeinflusst.

¹AG Boden- und Hydrogeographie
Philipps-Universität Marburg
Deutschhausstr. 10, 35032 Marburg

Abb. 1: Untersuchungsgebiet mit Schürfstandorten (Kartengrundlage DGM 1m – HVBG 2017) und Höhenprofil der Bergbauhalde



Eine Vielzahl von Bergbaurelikten, wie Grubengebäude, Tagebaue und Halden prägen heute das Gebiet des Schelder Waldes. Darüber hinaus wurden durch die anthropogenen Eingriffe persistente Schadstoffe, wie Schwermetalle, freigesetzt. Ziel der Untersuchung war es daher, die anthropogenen Böden auf einer ausgewählten Halde des Tagebaubetriebes „Eiserne Hand“ zu kartieren und Schwermetallgehalte zu ermitteln. Dabei wurden die Morphologie der Bergbauhalde (vgl. *Abb. 1*) und die Verteilung der Metallgehalte an Ebenen- und Hangstandorten berücksichtigt.

Methoden

Die Methodik der Untersuchung gliedert sich in zwei Teilbereiche. Zuerst wurde eine umfassende kleinräumige Kartierung des Bodeninventars, zur Ansprache der anthropogenen Böden und zur Klärung der Bodengenese durchgeführt. Dazu wurden 38 Bohrstockeinschläge vorgenommen und sieben Schürffgruben angelegt. Aus den angelegten Schürffgruben auf Ebenen und an den Hangabschnitten des Untersuchungsgebietes wurden Mischproben nach Horizonten für die spätere Laboranalytik gewonnen. Aus den Bohrstöcken wurden Mischproben aus einer Tiefe von 5-25cm unter GOF

entnommen. Der zweite Teil der Methodik umfasst den Bereich der Laboranalytik. Die Korngrößenbestimmung der Feinbodenart erfolgte durch Schlämmanalyse, die Bestimmung des OBS-Gehaltes durch Ermittlung des Glühverlustes. Ebenfalls wurden die pH-Werte durch die Messung mit einer pH-Elektrode mit Gelelektrolyt ermittelt (WTW pH91). Die Bestimmung der königswasserlöslichen Metallgehalte erfolgte durch die "Inductively coupled plasma mass spectrometry" (ICP-MS). Dazu wurden die gewonnenen Bodenproben durch Königswasser aufgeschlossen und folgende Isotopengehalte durch die ICP-MS-Methode gemessen: ^{27}Al ; ^{51}V ; ^{52}Cr ; ^{56}Fe ; ^{59}Co ; ^{60}Ni ; ^{63}Cu ; ^{66}Zn ; ^{75}As ; ^{111}Cd ; ^{202}Hg ; ^{208}Pb . Die Kalibrierung des ICP-MS erfolgte durch das Anlegen von vier

Stammlösungen zu Aufstellung der Kalibrationsgerade (vgl. PRÓFROCK & PRANGE 2012). Zur Bestimmung der Erwartungswerte der Metallgehalte wurden Analysen aus natürlichen Böden der Umgebung herangezogen (vgl. Bender et al. 1997; Sauer 2002).

Ergebnisse

Die Haldenböden lassen sich unter den Vorgaben der KA5 als Braunerden (BB) oder Braunerde-Ranker (BB-RN) ansprechen, welche an der Basis einen jCv-Horizont aus Haldenmaterial aufweisen. Kennzeichnend ist eine geringe Mächtigkeit der Bodenauflage auf Ebenen im Gegensatz zu den Hangbereichen (Abb. 2). Der Feinboden setzt sich aus geringen Tonanteilen (< 25%) und mittleren Schluffanteilen (< 50%) bei hohen Sandanteilen



Abb. 2: Bodenprofile und schematische Darstellung der auftretenden Profile.

zusammen. Hauptbodenarten sind SI4, SI3, Su3 und St2. Die Böden weisen technogene Bestandteile (Teerpappe, Betonbruchstücke etc.) und einen hohen unsortierten Grobbodenanteil auf (vgl. Abb. 2). Der Grobbodenanteil setzt sich dabei aus Roteisenstein, Alkalibasaltischen Metavulkanitklastiten und Tonschiefern zusammen, welche denen im Tagebau abgebauten Gesteinen der Umgebung entsprechen. Die pH-Werte sind stark sauer (x pH (KCl): 4,47) und die Böden weisen hohe Humusgehalte (x Glühverlust: 10,19%), auch in Unterbodenhorizonten auf. Die Verteilung bodenphysikalischer und -chemischer Parameter nach Ebenen und Hängen, sowie nach der Tiefe unter GOF ist deutlich heterogen. Bedingt durch die unscharfe Horizontabgrenzung, ungerichtete Grobboden-

anteile sowie das Auftreten von technogenen Bestandteilen und hohen Gehalten organischer Substanz im Unterboden, ist eine Umlagerung und Vermischung natürlicher Substrate zur Abdeckung der reinen Bruchgesteinshalde als Genese anzusehen.

Die anthropogenen Haldenböden weisen im Vergleich zu natürlichen Braunerden, aus Haupt- über Basislage mit metavulkanitklastischen Gesteinsanteilen der Umgebung deutlich höhere Gehalte an Al, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, und Zn auf (vgl. BENDER ET AL. 1997 & SAUER 2002). Für die Elemente As, Cd, Hg und Pb konnten nur geringe Gehalte unterhalb von Hintergrund- und Vergleichswerten ermittelt werden. Die Vorsorgewerte für Böden der BBodSchV

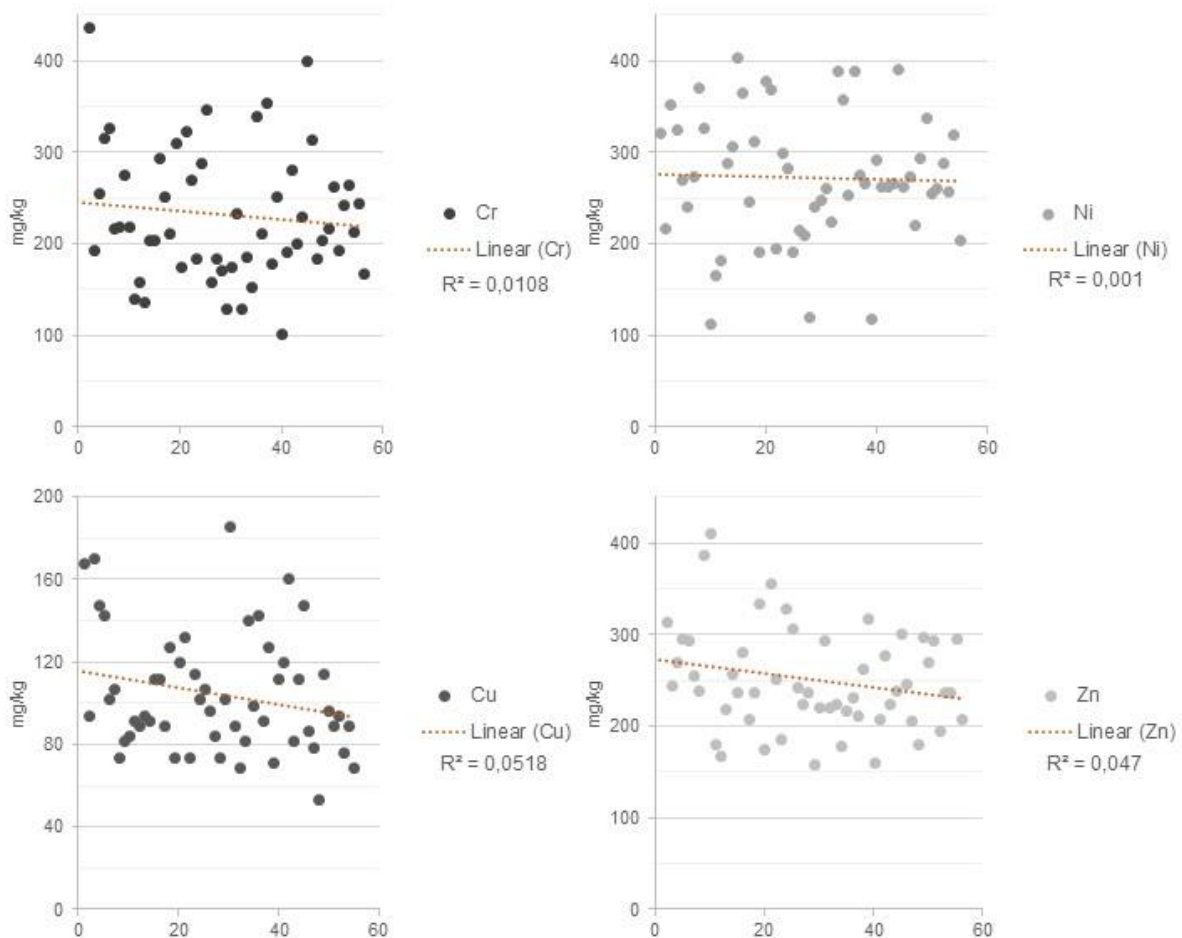


Abb. 3: Darstellung der Werteverteilung und R^2 aller Proben für Cr, Ni, Cu und Zn

	pH (KCl)	OBS-Gehalt	Cr	Ni	Cu	Zn
pH (KCl)	1					
OBS-Gehalt	0,4571	1				
Cr	0,8857	0,2714	1			
Ni	0,7428	0,4500	0,8035	1		
Cu	0,8785	0,4857	0,7107	0,4928	1	
Zn	0,8214	0,4000	0,9392	0,8785	0,6178	1

Abb. 4: Spearman-Korrelationsmatrix für pH-Wert, org. Substanz, Cr, Ni, Cu und Zn

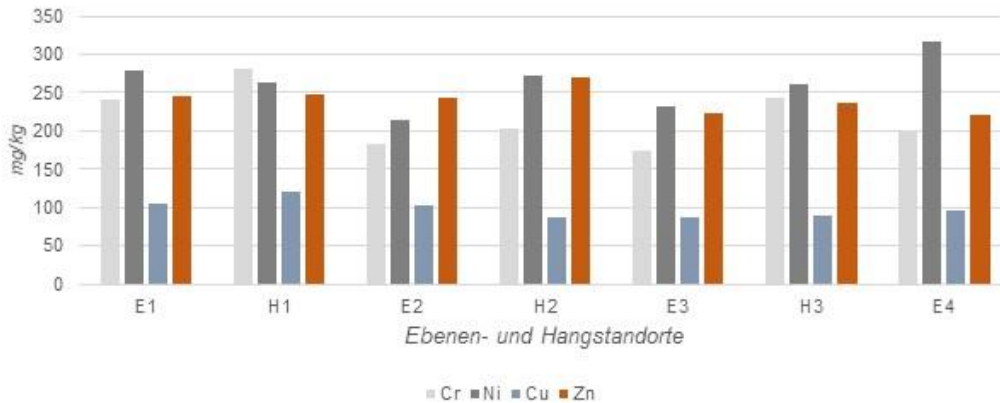


Abb. 5: Medianwerte der Metallgehalte nach Ebenen (E) und Hangstandorten (H)

werden durch die königswasserlöslichen Cr-, Ni-, Cu- und Zn-Gehalte überschritten. Dabei weisen die Werte der Elemente Cr, Ni, Cu und Zn eine hohe Varianz in Bezug auf die Wertebereiche von 100 mg/kg bis 400 mg/kg (Cr, Ni, Zn) und 40 mg/kg bis 200 mg/kg (Cu) auf (vgl. Abb. 3).

In der Korrelationsmatrix nach Spearman (Abb. 4) wird deutlich, dass ein starker positiver Zusammenhang zwischen pH-Werten und den Metallgehalten besteht. Des Weiteren bestehen mittlere bis starke signifikante Zusammenhänge zwischen den Metallgehalten selbst und der organischen Substanz. Für die potentielle Mobilität der Metalle, insbesondere deren Retention im Feinbodenanteil des Haldenkörpers, lässt sich durch deutlich positive Korrelationen schließen, dass eine Adsorption der Metalle an Huminstoffen, trotz einer Unterschreitung von pH-Mobilisierungsgrenzwerten, stattfindet. Die Metallgehalte in den flachgründigen

Böden der ebenen Flächen sind im Vergleich zu den Böden der Hangbereiche geringer (Abb. 5). Eine Zunahme der Metallgehalte mit der Tiefe unter GOF konnte nicht festgestellt werden.

Diskussion

Die Genese der Haldenböden, steht in der Horizontansprache im Gegensatz zu Geländeaufnahme der einzelnen Profile. Deutliche Braunerdemerkmale können nicht in situ ausgebildet worden sein, da der Tagebaubetrieb erst in den 1950er Jahren eingestellt wurde. Vielmehr erklären sich diese Merkmale, auch unter Berücksichtigung der hohen OBS-Gehalte, durch eine Verkipfung natürlicher Braunerden der Umgebung, zur Abdeckung und Rekultivierung der reinen Gesteinshalde. Die Kennzeichnung des anthropogenen Umlagerungsprozesses in Verbindung mit deutlichen Bv-Merkmalen, lässt sich, in Abweichung von der KA5, durch das Zusatzsymbol j vor Bv-Ah-, Ah-Bv- und

Bv-Horizonten durchführen. Dem gegenüber steht die Kennzeichnung besagter Horizonte als jIC_v, wenn den in situ stattgefundenen Prozessen und einer neuen Bodenbildung ab der anthropogenen Ablagerung die größere Bedeutung beigemessen wird. Bedingt durch die hohen Humusgehalte wäre bei dieser Benennung, ein jIC_{hv}-Horizont, in Abweichung von der KA5, deutlicher, um alle Eigenschaften der Horizonte zu benennen.

Generell lassen sich die untersuchten Böden als anthropogen umgelagerte Bergeböden einordnen (vgl. Burghardt 1996/1997; Schwerdtfeger 1997). In Abhängigkeit von der diskutierten Horizontbenennung stellen die Böden nach KA5 Braunerden (BB), Braunerde-Ranker (BB-RN) oder Normranker (RNn) dar.

Die Metallgehalte der anthropogenen Haldenböden übersteigen die Vergleichs- und Vorsorgewerte deutlich. Durch eine forstliche Nutzung, abseits von Naherholungsgebieten, besteht jedoch keine Gefährdung über den Wirkungspfad Boden → Mensch. Als Ursprung der Metall- und Schwermetallbelastung können sowohl die bergbauliche Aufbereitung und Zerkleinerung des Festgesteins und dessen Ablagerung auf Haldenkörpern in Verbindung mit deren Verwitterung, als auch geringe Einträge durch Hochofenemissionen oder schwermetallhaltige Stoffe (Kraftstoffe, Metallteile etc.) angesehen werden. Höhere Metallgehalte an Hangstandorten sind zum einen auf deren technogene Bestandteile und mächtigere Auflage umgelagerter Materials zurückzuführen. Eine Verlagerung von Metallen hangabwärts und eine Anreicherung auf ebenen Standorten findet nicht statt. Unter

Berücksichtigung der sandig-schluffigen Bodenarten sowie der stark sauren pH-Werte besteht generell die Möglichkeit zur Lösung, Mobilisierung und Verlagerung der Metalle aus den Böden und ein Eintrag in Grundwässer oder den Vorfluter selbst (vgl. MILLER 1997). Der Zusammenhang von hohen OBS-Gehalten und den Metallen Cr, Ni, Cu und Zn spricht dagegen für eine Adsorption der Metalle an Huminstoffen, welches eine Minderung der Mobilisierung nach sich zieht. Eine Verlagerung von Metallen in gelöster Form oder in adsorbierter Form an Bodenpartikeln ist trotzdem generell möglich. (vgl. IDASZKIN ET AL. 2017). Durch die hohe Anzahl an Bergbauhalden und insbesondere wasserführenden Stollen, welche die Gebirgsdurchlässigkeit stark erhöhen (vgl. BENDER ET AL. 1997) kann zum anderen der Effekt des Transports und der Verlagerung von Metallen in Grund- und Grubenwässern eine deutlich höhere Auswirkung haben (vgl. ATANACKOVIC ET AL. 2013). In welchem Ausmaß eine solche Verlagerung in der Vergangenheit stattgefunden hat, lässt sich in den jüngeren Sedimentablagerungen der Bachauen des Einzugsgebietes nachvollziehen (vgl. HAHN 2014, MILLER 1997).

Ausblick

Weitere Untersuchungen unter dem Schwerpunkt der Schwermetallverteilung über Transitgebiete in das Akkumulationsgebiet der „Tringensteinener Schelde“ Bachaue, unter Berücksichtigung anthropogener Böden und der Verlagerung durch Oberflächengewässer sowie Grubenwässer wurden im ersten Halbjahr 2017 durchgeführt.

Dabei konnte zum einen eine Verlagerung der Metalle in die tiefer

gelegene Bachaue durch fluvialen Transport und zum anderen ein Zusammenhang zwischen Metallgehalten in Böden und Gewässern festgestellt werden. Weitere geochemische Untersuchungen von Haldenkörpern, der Metalltransportwege und deren Akkumulation in Auenböden sind geplant.

Literatur

ATANACKOVIC, N., DRAGIŠIĆ, V., STOJKOVIC, J., PAPIĆ, P. & V. ŽIVANOVIĆ (2013): Hydrochemical characteristics of mine waters from abandoned mining sites in Serbia and their impact on surface water quality.- *Environmental Science and Pollution Research*, Bd. 20.- S. 7615-7626.

BENDER, P., LIPPERT, H.-J., NESBOR, H.-D. & A. RABIEN (1997): Erläuterungen zu Geologischen Karte von Hessen 1:25000, 5216 Oberscheld.- Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie.- Wiesbaden.

BURGHARDT, W. (1995): Zu Gliederung von Stadtböden und ihrer Substrate.- In: *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*.- Band 76.- Heft 2.- S. 997-1000.- Halle/Saale.

BURGHARDT, W. (1997): Bergbauböden – Rohböden.- In: *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*.- Band 84.- Heft 3.- S. 3-5.- Halle/Saale.

MILLER, J. R. (1997): The role of fluvial geomorphic processes in the dispersal of heavy metals from mine sites.- *Journal of Geochemical Exploration*, Bd. 58.- S. 101-118.

HAHN, J. (2014): Schwermetall-Status und Schwermetallmobilität in Auenböden und Stauseesedimenten unter besonderer Berücksichtigung von Durchfeuchtungs- und

Wasserstandsänderungen.- Fachbereich Geographie der Philipps-Universität Marburg.- Marburg

IDASZKIN, Y. L., CAROL, E. & A. MARIA DEL PILAR (2017): Mechanism of removal and retention of heavy metals from acid mine drainage to coastal wetland in the Patagonian marsh.- *Chemosphere*, Bd. 183.- S. 361-370.

JUNG, H. G. (2003): Sekundäre Prozesse in Bergbauhalden und Aufbereitungsabgängen Steuerung von Stoffmobilität und Krustenbildung.- Fachbereich Geowissenschaften der Philipps-Universität Marburg.

PRÓFROCK, D. & A. PRANGE (2012): Inductively Coupled Plasma– Mass Spectrometry (ICP-MS) for Quantitative Analysis in Environmental and Life Sciences: A Review of Challenges, Solutions, and Trends.- *Applied Spectroscopy*.- Volume 66, Nr. 8.- New Market.

SAUER, D. (2002): Genese, Verbreitung und Eigenschaften periglaziärer Lagen im Rheinischen Schiefergebirge – anhand von Beispielen aus Westerwald, Hunsrück und Eifel.- *Boden und Landschaft*.- Bd. 36.- Justus-Liebig-Universität Gießen.- Gießen.

SCHWERDTFEGGER, G. (1997): Klassifizierung Anthropogener Böden.- *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*.- Band 84.- Heft 3.- S.61-64.- Halle/Saale.