

Tagungsbeitrag zu:
Jahrestagung der DBG, Kommission II

Titel der Tagung:
Unsere Böden – Unser Leben

Veranstalter:
DBG, September 2015, München

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

Gelöste Schwermetallgehalte in Uferbereichen der Unteren Lahn und ihre räumliche Differenzierung in Abhängigkeit von Flusstauungen

Jens Hahn¹, Christian Opp¹, Nina Zitzer²
und Gabriela Laufenberg²

Zusammenfassung

Um Konzentrationsverhältnisse und Mobilitätsverhalten gelöster Schwermetalle während saisonalen Wasserstands- und Durchfeuchtungsänderungen zu analysieren, wurden in Bereichen der Unteren Lahn vier Auenböden untersucht. Im Fokus dieser vergleichenden Untersuchung stand die Berücksichtigung standortspezifischer bodenhydrologischer Unterschiede, die in ufernahen Böden theoretisch aus der Stauregulierung des Gewässers hervor gehen können. Um eine solche Beeinflussung in Umfang und Ausmaß einschätzen zu können, wurden Porenwässer der Auenböden über einen Zeitraum von zwei Jahren (2011-2013) regelmäßig entnommen und nach den darin gelösten Schwermetallgehalten untersucht.

Schlüsselworte

Schwermetalle, Boden, Lahn, Stauhaltung.

Philipps-Universität Marburg
¹FB Geographie, AG Bodengeographie
und Hydrogeographie
Deutschhausstr. 10, 35037 Marburg.
elhahnoparmesano@web.de
opp@staff.uni-marburg.de
²FB Pharmazie, Massenspektrometrie.

1. Einleitung

Die Abflussverhältnisse der Unteren Lahn werden durch eine große Zahl verschiedener Wehr- und Schleusenanlagen beeinflusst. Hierdurch können sich die bodenhydrologischen Verhältnisse und davon beeinflusste Redoxdynamiken in flussauf- und flussabwärts von Staubereichen gelegenen Auenböden unterscheiden. Da Redoxprozesse eine bedeutende Steuerungsgröße der Schwermetallmobilität darstellen [1], sind in den Gehalten gelöster Schwermetalle absolute und saisonale Differenzen zu erwarten, wenn sich die Lage der Auenböden zu Flusstauungen unterscheidet. Zu deren Untersuchung wurden zwei Auengleye (Profile „Fr“ und „Fb2“) unterhalb und einer oberhalb (Profil „Mi“) einer Wehranlage in 1,5-2 m Entfernung zum Gerinne der Lahn herangezogen. Ergänzend dazu wurde eine in 9 m Entfernung gelegene Gley-Vega (Profil „Fb1“) untersucht, um die Beeinflussung gelöster Schwermetalle durch Wasserstandsänderungen auch in lateralen Auenbereichen zu erfassen.

2. Methoden

Schwermetallgehalte der Bodensubstrate wurden mittels Königswasseraufschluss extrahiert. Zur Analyse der im Porenwasser gelösten Schwermetallkonzentrationen wurden die Profile in 5-10 cm, 25-35 cm und 50-60 cm Tiefe mit Probennehmern (Macrorhizon; Fa. (Rhizosphere Research Products, Wageningen/Niederlande) versehen. Diese entzogen den Böden ein bis dreimal monatlich die Wasserproben über eine Membran mit einer Porengröße von 0,12-0,2 µm, so dass die Porenwässer bereits während der Entnahme gefiltert wurden und automatisch nur Anteile der als gelöst definierten Schwermetallfraktion (< 0,45 µm) in die Probengefäße gelangten. Die Bestimmung der Elementkonzentrationen (As, Cd, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn) erfolgte mittels ICP-MS (Fa. Thermo Fisher, X-Series 2). Aus der zweiten Hälfte der entnommenen Porenwässer wurden

bereits im Gelände Redoxpotential, pH-Wert und elektrische Leitfähigkeit über Handelektroden bestimmt. Parallel hierzu wurden regelmäßig Grundwasserstand und Bodenfeuchte (diese nur in 10 cm Tiefe) aufgezeichnet.

3. Ergebnisse

Als Folge des ehemaligen Bergbaus in Bereichen der Unteren Lahn [2] sind die Substrate der untersuchten Böden durch relativ hohe Konzentrationen des königswasserlöslichen Pb und Zn gekennzeichnet (Tab.1). Standortbedingte Unterschiede äußerten sich in einem jährlich vergleichsweise variablerem Grundwasserspiegel flussabwärts der Wehranlagen (Profile „Fr“, „Fb1“, „Fb2“). Der Grundwasserspiegel des im Staubeereich der Lahn gelegenen Auengleys (Profil „Mi“) verzeichnete in seinem Jahresgang hingegen eine vergleichsweise geringere Amplitude, mit besonders während der Sommermonate relativ hoch verbleibendem Grundwasserstand. Als direkte Folge dieser bodenhydrologischen Unterschiede zeigte das durchschnittliche Redoxpotential während der Erhebungsphase in dem oberhalb der Staustufe gelegenen Profil „Mi“ die deutlich größte Abnahme mit zunehmender Bodentiefe (Tab.2). Unterhalb der Stau-

und Wehranlagen verzeichneten „Fr“ und „Fb2“ weniger starke vertikale Abnahmen des Redoxpotentials bei größeren jährlichen Redoxänderungen in 50-60 cm Tiefe. Im 9 m vom Gerinne der Lahn entfernten Profil „Fb1“ wurde ein in allen Tiefenstufen nahezu ganzjährig gleich bleibendes Redoxpotential vorgefunden. Dicht gekoppelt an die vorliegenden Redoxbedingungen verliefen die vertikalen Konzentrationsverhältnisse der Elemente As, Fe und Mn. Diese erfuhren flussabwärts der Staustufen (Profile „Fr“, „Fb2“) in 50-60 cm Tiefe ebenfalls größere saisonale Variationen, ließen im vertikalen Profilverlauf aber nur geringe („Fb2“) bis moderate Konzentrationsänderungen („Fr“) erkennen. Ebenfalls flussabwärts einer Staustufe, aber in größerer Entfernung zum Gerinne der Lahn gelegen, ließ Profil „Fb1“ keine größeren vertikalen Differenzen an gelöstem As, Fe und Mn erkennen. Bei dem flussaufwärts einer Flusstaung gelegenen Auengley („Mi“) variierten die gleichen Elemente in ähnlichen Bodentiefen weitaus weniger stark, bei teilweise extremen Konzentrationszunahmen mit Übergang zu 50-60 cm Tiefe, wo über die reduktive Lösung von Fe- und Mn-(Hydr-)oxiden hohe Anteile dieser Elemente in die mobile Fraktion überführt werden (Abb.1).

Profil	Tiefe (cm)	As (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)
„Fr“	5-10	7,51	1,34	23,8	76,7	32,8	2,78	25,9	190	787
	25-35	20,7	4,95	30,2	189	44,1	6,40	30,2	663	2371
	50-60	13,3	2,52	21,6	111	33,6	4,21	24,2	522	1362
„Mi“	5-10	14,5	6,43	99,7	245	58,5	4,88	74,4	470	2431
	25-35	14,4	8,99	95,9	208	46,5	4,07	65,5	471	3295
	50-60	50,2	9,25	47,3	400	64,8	8,95	58,6	1257	4704

Tabelle 1: Königswasserlösliche Schwermetallkonzentrationen der Profile „Fr“ und „Mi“.

Resultierend aus dem sommerlich hoch verbleibendem Grundwasserstand und hiervon während der Sommermonate verstärkt aufsteigenden Kapillarwässern wurden zudem in Profil „Mi“ deutliche Konzentrationsanstiege des gelösten Cd (Abb.2), Mn und weniger auch des Zn in 25-35 cm Tiefe sichtbar. Ein kapillarer

Eintrag dieser Elemente kann als Ursache angenommen werden, da in 50-60 cm Tiefe dieses Bodens die höchsten königswasserlöslichen Cd-Konzentrationen bei gleichzeitig geringsten gelösten Gehalten vorliegen. Wahrscheinlich werden in dieser untersten untersuchten

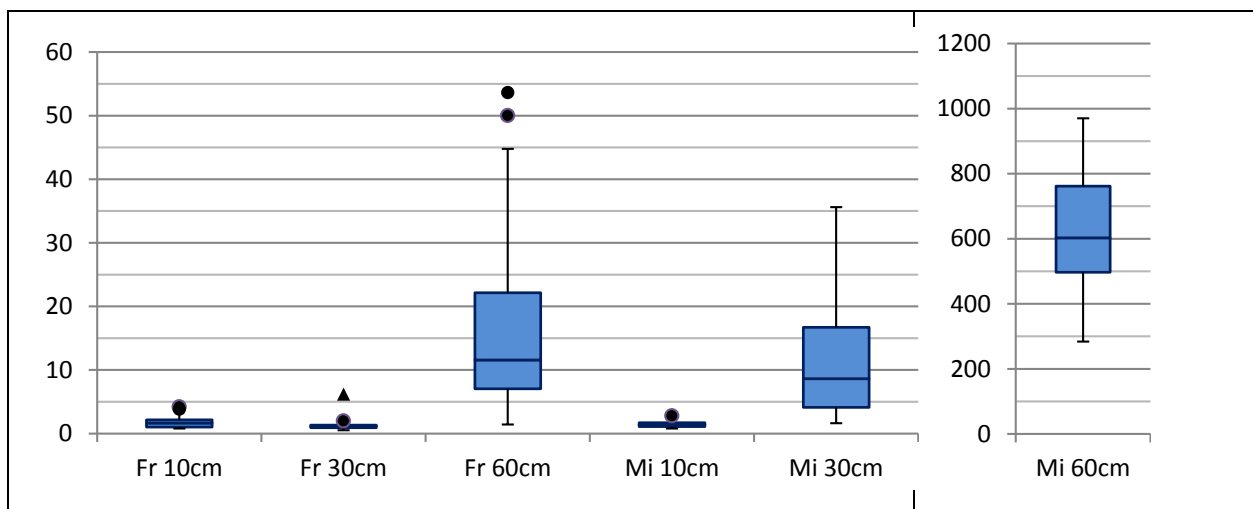


Abb.1: Boxplotdiagramme des gelösten As ($\mu\text{g/l}$) in den Profilen „Fr“ (unterhalb einer Wehranlage) und „Mi“ (im Staubereich der Lahn) in 5-10 cm, 25-35 und 50-60 cm Tiefe.

Tiefenstufe große Anteile des Cd bereits sulfidisch festgelegt und nach einem

Profil:	Tiefe	eH (mV)	Profil	Tiefe	eH (mV)
„Fr“	5-10	426	„Fb1“	5-10	400
	25-35	335		25-35	405
	50-60	217		50-60	427
„Mi“	5-10	424	„Fb2“	5-10	384
	25-35	276		25-35	344
	50-60	162		50-60	223

Tabelle 2: Medianwerte des Redoxpotentials (mV) der verschiedenen Böden und Tiefenstufen.

Aufstieg in mittlere Bodenbereiche wieder in höheren Anteilen mobilisiert [3].

Entsprechend traten in 25-35 cm Tiefe dieses Profils die jährlichen Maximalkonzentrationen an gelöstem Cd und Mn immer während der Sommermonate auf. In den unterhalb der Staustufen gelegenen Böden wurde dieser Effekt bei sommerlich niedrigerem Grundwasserspiegel, wenn überhaupt, nur geringfügig sichtbar.

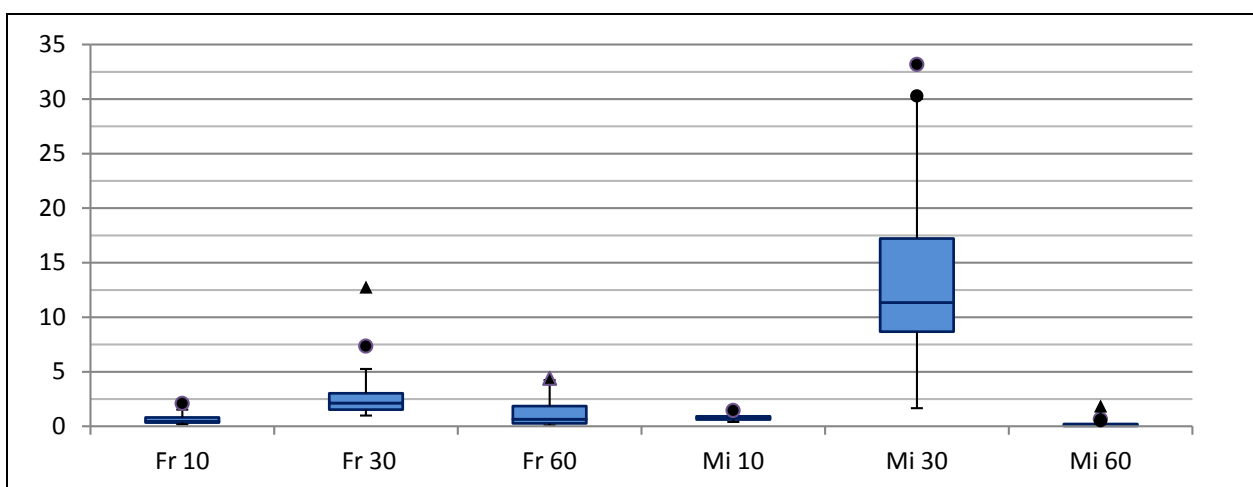


Abb.2: Boxplotdiagramme des gelösten Cd ($\mu\text{g/l}$) in den Profilen „Fr“ (unterhalb einer Wehranlage) und „Mi“ (im Staubereich der Lahn) in 5-10 cm, 25-35 und 50-60 cm Tiefe.

In 5-10 cm Tiefe erfuhren alle oberen Bodenzonen generelle Gehaltszunahmen an gelöstem Cd, Cr, Cu, Ni, Pb und besonders Zn während der Sommermonate. Dies kann als gleichsamer Effekt einer abnehmenden stofflichen Verdünnung durch eine sommerlich abnehmende Bodenfeuchte betrachtet werden.

4. Diskussion

Eine Beeinflussung von hydrologischen Verhältnissen und darüber von gelösten Schwermetallgehalten ist zumindest in 50-60 cm Tiefe der ufernahen Auengleye als Folgewirkung der Stauregulierung erkenntlich. Dies äußerte sich bei dem im Staubereich der Lahn gelegenen Profil „Mi“ in den weitaus größeren vertikalen Konzentrationszunahmen des gelösten As, Fe und Mn und höheren Cd-, Mn und Zn-Einträgen in 25-35 cm Tiefe über Kapillarwässer, gegenüber den anderen Auengleyen. Diese (Profil „Fr“, „Fb2“)

zeigten hingegen stärkere saisonale Konzentrationsänderungen innerhalb gleicher Tiefenstufe im Falle selbiger Elemente, und somit eine stärkere Reaktion auf den Einfluss von Hoch- oder Niedrigwassersituationen. Der Vergleich mit dem in 9 m Entfernung gelegenen Profil „Fb1“ zeigt jedoch, dass die Modifikation von Abflussverhältnissen, dem daran gekoppeltem Grundwasserspiegel und den hiervon beeinflussten Redoxreaktionen und gelösten Schwermetallanteilen als Folge der Flusstauung sich nur auf einen relativ schmalen Uferstreifen auswirken sollte. Allerdings stehen gerade die einem Gerinne nahe gelegenen Auenbereiche in engem stofflichem Austausch mit einem Fließgewässer. Entsprechend sollten die Auswirkungen einer Fließgewässerregulierung auf gelöste Schwermetallanteile zumindest in mit Schwermetallen belasteten Gebieten beim Bau oder Rückbau von Flusstauungen berücksichtigt werden.

Literatur

[1] WIEBER, G. (1994): Das ehemalige Erzrevier an der unteren Lahn, hydro- und geochemische sowie umweltgeologische Verhältnisse unter Berücksichtigung der Rückstände aus der Erzaufbereitung. In: Gießener Geologische Schriften 52, 284 S.

[2] RINKLEBE, J.; STUBBE, A.; STAERK, H.J. & H.U. NEUE (2005): Factors controlling the dynamics of As, Cd, Zn and Pb in alluvial soils of the Elbe river (Germany). In: LYON, W.G.; HONG, J. & R.K. REDDY (Hrsg.): Proceedings of Environmental Science and Technology 2005, Vol. 2, S. 265-270.

[3] HAHN, J. (2014): Schwermetall-Status und Schwermetallmobilität in Auenböden und Stauesedimenten unter besonderer Berücksichtigung von Durchfeuchtungs- und Wasserstandsänderungen. Dissertation Universität Marburg, 228 S.