

Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der  
DBG Kom. II  
Titel der Tagung: Böden - eine endliche  
Ressource  
Veranstalter: DBG, September 2009,  
Bonn  
Berichte der DBG (nicht begutachtete  
online Publikation)  
<http://www.dbges.de>

## Bindungsformen von Quecksilber in Auenböden von Wupper und Saale/ Elbe

Tina Frohne; Anja During; Jörg Rinklebe

### 1. Einleitung und Ziel

In Auenböden von Wupper und Saale/Elbe haben sich in den letzten Jahrhunderten große Mengen Quecksilber (Hg) aus anthropogenen und geogenen Quellen akkumuliert (Devai et al. 2005; Overesch et al. 2007). Hieraus ergibt sich ein hohes Gefährdungspotential, da Quecksilber hochgradig toxisch auf Organismen wirkt. Das Ziel dieser Studie ist es, die Bindungsformen von Quecksilber mittels eines sequentiellen Extraktionsverfahrens horizontspezifisch an jeweils einem Bodenprofil von Wupper- und Saale-/Elbe zu bestimmen, um das Gefährdungspotential der hohen Hg-Belastung evaluieren zu können.

### 2. Material und Methoden

#### 2.1 Untersuchungsgebiet

Die Gley-Vega aus Auenschluffsand der Wupperaue (Abb. 1) befindet sich im Kreis Leverkusen in Nordrhein-Westfalen. Das Gebiet ist durch eine Jahresmitteltemperatur von 10,8°C und eine mittlere jährliche Niederschlagsmenge von 774 mm gekennzeichnet. Die Gley-Tschernitza aus Auen-

Bergische Universität Wuppertal  
Lehr- und Forschungsgebiet Boden-  
und Grundwassermanagement  
Pauluskirchstr. 7, 42285 Wuppertal  
[frohne@uni-wuppertal.de](mailto:frohne@uni-wuppertal.de)

tschluff der Saale-/Elbe (Abb. 1) liegt in der Nähe von Breitenhagen in Sachsen-Anhalt. Die Jahresmitteltemperatur beträgt 8,7 °C, der mittlere Jahresniederschlag 473 mm. Beide Standorte werden als Grünland genutzt. Ausgewählte Bodenkennwerte und Elementgesamtgehalte sind in Tabelle 1 aufgeführt.

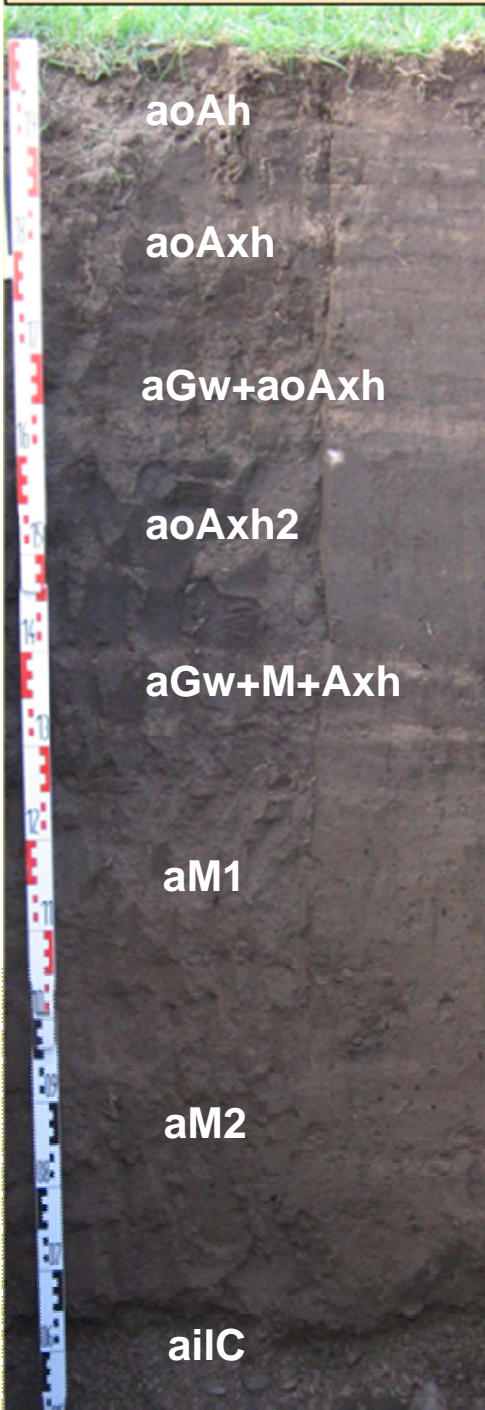
#### 2.2 Analytik

Zur Bestimmung der Bindungsformen wurde das sequentielle Extraktionsverfahren nach Bloom et al. (2003) angewendet (Tab. 2). Die Quecksilberkonzentrationen in den Extrakten wurden mittels Atomfluoreszenzspektrometrie (AFS) mit dem Gerät „mercur duo plus“ der Fa. Analytic Jena bestimmt. Die Kalibrationslösungen für die 6-Punkt-Kalibration wurden durch Verdünnung einer Merck-Standardlösung (1000 mg l<sup>-1</sup> Hg) hergestellt.

#### 3. Ergebnisse

An der Wupper wurde eine sehr hohe Quecksilberbelastung festgestellt. Die Gley-Tschernitza aus Auenschluffton der Saale/Elbe ist ebenfalls deutlich mit Hg belastet (Abb. 2). Die dominierenden Hg-Bindungsformen an der Wupper sind elementares Hg (F IV) und Hg-Sulfide (F V), während an der Saale/Elbe elementares Hg (F IV) und organisch chelatiertes Hg (F III) dominieren. Die mobilen Fraktionen I und II sind an der Saale/Elbe nur in geringen Anteilen zu finden und an der Wupper kaum nachweisbar. Es besteht eine positive Korrelation zwischen Gesamt-Eisen und Gesamt-Hg ( $r=0,68$ ,  $p<0,05$ ) sowie zwischen Gesamt-Eisen und elementarem Hg (F IV) ( $r=0,77$ ,  $p<0,01$ ). Die C<sub>org</sub>-Gehalte korrelieren positiv mit den Gehalten an Gesamt-Hg ( $r=0,74$ ,  $p<0,05$ ) und mit elementarem Hg (F IV) ( $r=0,75$ ,  $p<0,05$ ) (Abb. 2). Eine negative Beziehung konnte zwischen organisch chelatiertem Hg (F III) und dem pH-Wert festgestellt werden ( $r=-0,81$ ,  $p<0,01$ ). Die Hg-Sulfide (F V) zeigen keine signifikanten Korrelationen zu den untersuchten Bodenparametern.

**Gley-Vega aus  
Auenschluffsand**  
(GG-AB: fo-us) (Sf) (KA 5)  
**Eutric Fluvisol**  
(FLe) (IUSS/SRIC/FAO, 2006)



**Gley-Tschernitza aus  
Auentonschluff**  
(GG-AT: fo-tu) (Tf) (KA 5)  
**Mollic Fluvisol**  
(IUSS/SRIC/FAO, 2006)

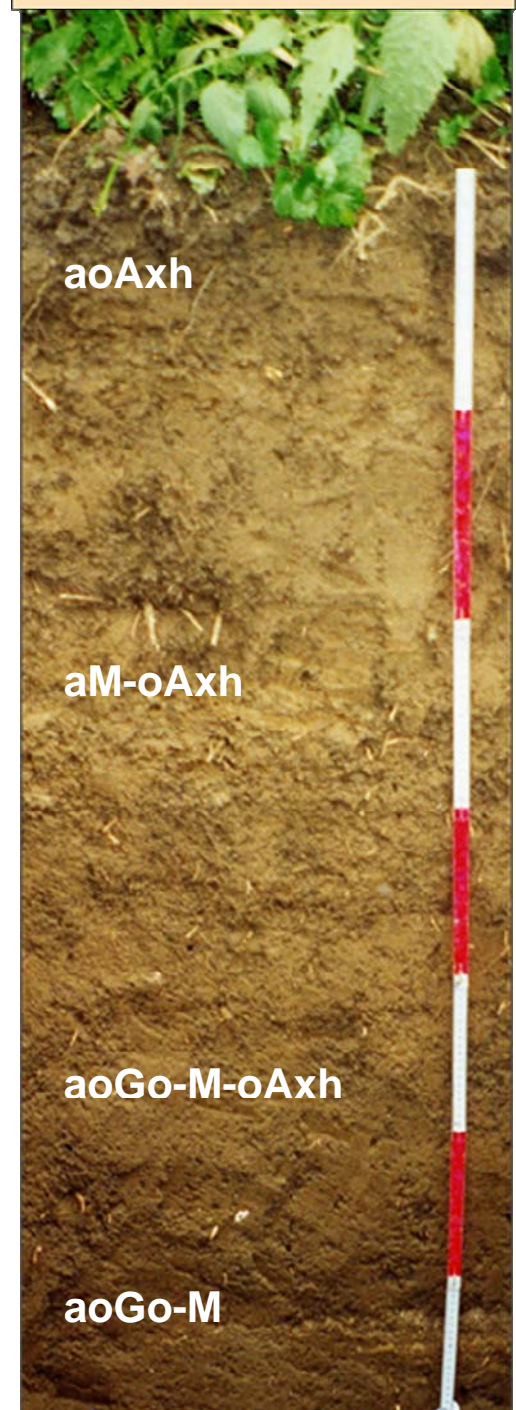


Abb. 1: Gley-Vega aus Auenschluffsand der Wupperaue (links) und Gley-Tschernitza aus Auentonschluff der Saale/Elbeaue (rechts)

Tab. 1: Bodenkennwerte und Elementgesamtgehalte Wupper (oben) und Elbe/Saale (unten); n.b. = nicht bestimmt

**Wupper Bodenform**

Tiefe	pH	Schluff	Ton	C <sub>org</sub>	Al	Fe	Mn	S	Hg
[cm]	CaCl <sub>2</sub>	[%]			[g kg <sup>-1</sup> ]		[mg kg <sup>-1</sup> ]		
0-10	5,2	35	11	8,26	156	44	1164	2590	19,8
10-32	6,4	36	8	7,80	150	52	859	2700	24,7
32-41	6,6	31	8	7,09	153	46	699	2270	9,7
41-60	6,7	42	8	8,13	175	53	845	2420	9,3
60-76	6,9	45	5	7,19	143	40	918	2630	2,8
76-104	6,7	47	3	3,68	124	34	1010	1360	0,4

**Saale/Elbe Bodenform nach KA 5**

Tiefe	pH	Schluff	Ton	C <sub>org</sub>	Al	Fe	Mn	S	Hg
[cm]	CaCl <sub>2</sub>	[%]			[g kg <sup>-1</sup> ]		[mg kg <sup>-1</sup> ]		
0-10	5,9	51	35	6,26	29	42	1199	2372	1,2
10-40	5,9	57	32	5,26	30	45	1041	2336	1,9
40-50	6,3	52	32	3,83	29	38	778	1808	1,5
50-75	7,1	61	33	4,55	28	34	888	2771	0,5
75-130	7,3	55	33	3,53	n.b.	n.b.	n.b.	1983	n.b.

Tab. 2: Fraktionen der sequentiellen Extraktion nach Bloom et al. (2003)

Fraktion	Extraktionslösung	Zugeordnete Hg-Bindungsformen
F I	VE-Wasser	Wasserlösliches Hg
F II	0.1 M CH <sub>3</sub> COOH und 0.01 M HCl	Magensäurelösliches Hg
F II	1 M KOH	Organisch chelatiertes Hg
F IV	12 M HNO <sub>3</sub>	Elementares Hg
F V	Königswasser (HNO <sub>3</sub> : HCl = 1 : 3)	Hg-Sulfide

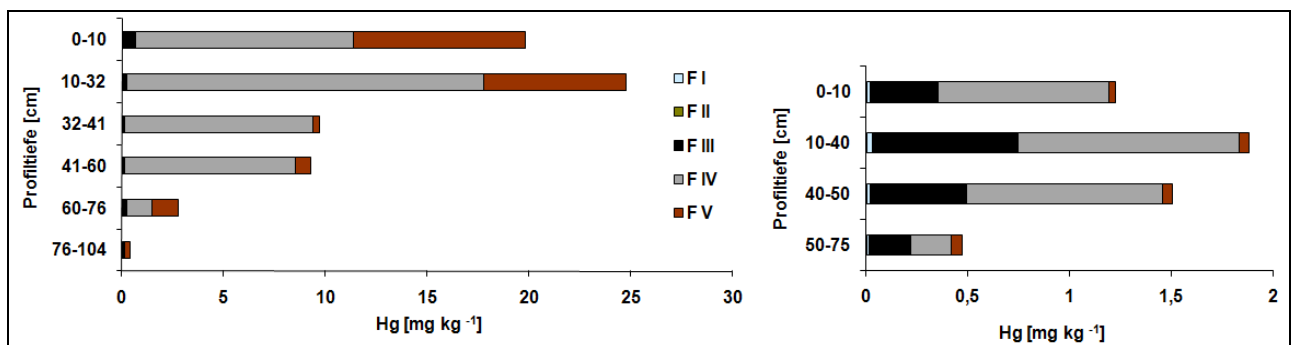


Abb. 2: Bindungsformen von Quecksilber an Wupper (links) und Saale/Elbe (rechts)

**4. Diskussion**

Die geringe Hg-Mobilität könnte auf die hohe Affinität von Quecksilber zu organischem Material, Eisen(hydr)oxiden und Sulfiden zurückzuführen sein. Die Dissoziation von Eisen(hydr)oxiden führt zur Desorption des

mit diesen Komponenten assoziierten Hg. Diesen Zusammenhang bestätigt die positive Korrelation von Gesamt-Hg und elementarem Hg (F IV) mit Eisen. Der unterschiedlich hohe Anteil an sulfidisch gebunde-

nem Hg der beiden Böden könnte verschiedene Ursachen haben. Zum einen könnten an der Wupper aufgrund längerer Überflutungsdauer intensivere Reduktionsprozesse stattgefunden haben als an der Saale/Elbe, so dass die Sulfidbildung an der Wupper begünstigt wurde. Zum anderen ist es denkbar, dass eine unterschiedliche Zusammensetzung des organischen Materials der beiden Böden eine Rolle spielt. Leichter abbaubare organische Substanz erhöht die Aktivität der Mikroorganismen. Dadurch sinkt das Redoxpotential und die Sulfidbildung wird verstärkt. Eine mögliche Erklärung für die Zunahme des organisch chelatierten Hg mit sinkendem pH könnte sein, dass das Hg bei neutralem pH überwiegend an mineralische Komponenten ist, während ein saurer pH dazu führt, dass sich das Hg von den mineralischen Komponenten löst und sich stattdessen an organisches Material bindet (Schuster 1991).

## 5. Zusammenfassung

Die Löslichkeit des Quecksilbers in Auenböden von Wupper und Saale/Elbe ist gering, wodurch ist ein geringer Transport in Gewässer zu erwarten ist. Es ist jedoch eine Oxidation von Hg-Sulfiden (F V) zu leichter löslichen Formen möglich, so dass bei Sauerstoffeintrag die Gefahr der Hg-Remobilisierung in den Böden besteht. Außerdem ist eine Ausgasung durch den hohen Anteil von elementarem Hg (F IV) besonders in den oberen Horizonten möglich (Rinklebe et al. 2009). Zur Gefahrenabschätzung an den Standorten Wupper und Saale/Elbe ist zu empfehlen, die Hg-Quantität in der Bodenlösung und im Grundwasser sowie den Transfer in Pflanzen zukünftig zu ermitteln.

**Schlüsselworte:** Quecksilber, Bindungsformen, Auenböden, Wupper, Elbe, Saale

## 6. Literatur

Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. 5. Aufl., Hrsg. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe u. Staatliche geologische Dienste d. BR Deutschland. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.

Stuttgart.

Bloom, N., Preus, E., Katon, J., Hiltner, M. (2003): Selective extractions to assess the biogeochemically relevant fractionation of inorganic mercury in sediments and soils. *Analytica Chimica Acta* 479, 233–248.

Devai, I.; Patrick, W. H., Jr.; Neue, H.-U.; DeLaune, R.D.; Kongchum, M.; Rinklebe, J. (2005): Methyl Mercury and Heavy Metal Content in Soils of Rivers Saale and Elbe (Germany). *Analytical Letters* 38/6, 1037-1048.

IUSS-ISRIC-FAO (Hrsg., 2006): World reference base for soil resources. A framework for international classification, correlation and communication. – *World Soil Resources Reports* 103, 128 S., Rome (FAO).

Overesch, M.; Rinklebe, J.; Broll, G.; Neue, H.-U. (2007): Metals and arsenic in soils and corresponding vegetation at Central Elbe river floodplains (Germany). *Environmental Pollution* 145, 800-812.

Rinklebe, J.; During, A.; Overesch, M.; Du Laing, G.; Wennrich, R.; Stärk, H.-J.; Mothes, S. (2009): Dynamics of mercury fluxes and their controlling factors in large Hg-polluted floodplain areas. *Environmental Pollution*. In Press. 10.1016/j.envpol.2009.07.001

Schuster, E. (1991): The behaviour of mercury in the soil with special emphasis on complexation and adsorption processes - A review of the literature. *Water, Air, and Soil Pollution* 56,667-680