

**Tagungsbeitrag zu:**

Jahrestagung der DBG  
Kommission II

**Titel der Tagung:**

Böden verstehen, Böden nutzen, Böden  
fit machen

**Veranstalter:**

DBG, September 2011, Berlin

**Berichte der DBG (nicht begutachtete  
online Publikation)**

<http://www.dbges.de/>

**Spurenelementbelastung von Böden im  
Bergbaugbiet Gatumba, Ruanda**

Inga Paulmann<sup>1</sup>, Tobias K. D. Weber<sup>1</sup>,  
Francois Naramabuye<sup>2</sup>, Alain Ndoli<sup>2</sup>,  
Francois Gakwerere<sup>3</sup> und Rolf Nieder<sup>1</sup>

**Zusammenfassung**

Die Böden des Coltan-Bergbaugbietes  
Gatumba Mining District in Ruanda sind  
potenzielle Quellen für die Freisetzung  
toxischer Spurenelemente. Insbesondere  
Technosole auf Haldenabraum,  
Hangwasser-beeinflusste Gleysole sowie  
Fluvisole in der Bergbauregion wurden auf  
pH-Wert, Kationenaustauschkapazität,  
Korngrößenzusammensetzung,  
Kohlenstoff- und Stickstoffgehalt sowie  
maßgeblich auf den Gehalt an  
Schwermetallen untersucht.

Es handelt sich um saure und  
nährstoffarme, tropische Böden, deren  
Gehalte an toxischen Elementen unterhalb  
der Maßnahmewerte der Bundesboden-  
schutzverordnung (1999) und der Zielwerte  
der internationalen Hollandliste liegen. Von  
einer Gefährdung der Bevölkerung ist in  
diesem Gebiet nicht auszugehen, was aber  
in benachbarten Bergbaugbietes und  
speziellen hydrothermalen Zonen im  
Untergrund nicht auszuschließen ist.

<sup>1</sup>Institut für Geoökologie, Technische Universität  
Braunschweig, 38106 Braunschweig  
ipaulmann@tu-bs.de

<sup>2</sup>Faculty of Agronomy, National University of  
Rwanda, Butare

<sup>3</sup>Kigali Institute of Education, Rwanda

**Schlüsselworte**

Ruanda, Coltan-Bergbau, Schwermetalle

**1. Einleitung**

Aufgrund der starken globalen Nachfrage  
nach Tantal werden in Ruanda zahlreiche,  
zum Teil unkontrollierte Coltan-  
Bergbaugbietes (Abbau von Columbit-  
Tantalit) betrieben (vgl. REETSCH et al.  
2008). Die Böden des Untersuchungs-  
gebietes Gatumba Mining District (GMD)  
(siehe Abbildung 1) sind potenzielle  
Quellen für die Freisetzung toxischer  
Elemente, die vermutlich in die  
Nahrungskette gelangen können, da  
Abraumhalden durch die lokale  
Bevölkerung landwirtschaftlich genutzt  
werden. Standorte potenzieller  
Anreicherung mit toxischen Elementen  
sind insbesondere Technosole auf Halden,  
Hangwasser-beeinflusste Gleysole sowie  
Fluvisole in der Bergbauregion.

**2. Ziele**

Basierend auf den Untersuchungen sollen  
Aussagen über die Anreicherung toxischer  
Spurenelemente in Böden getroffen  
werden. Quellen und Senken der toxischen  
Elemente sollen erfasst und  
Konsequenzen für die Nahrungskette  
dargelegt werden. Hierauf aufbauend  
werden Empfehlungen für die lokale  
Bevölkerung entwickelt.

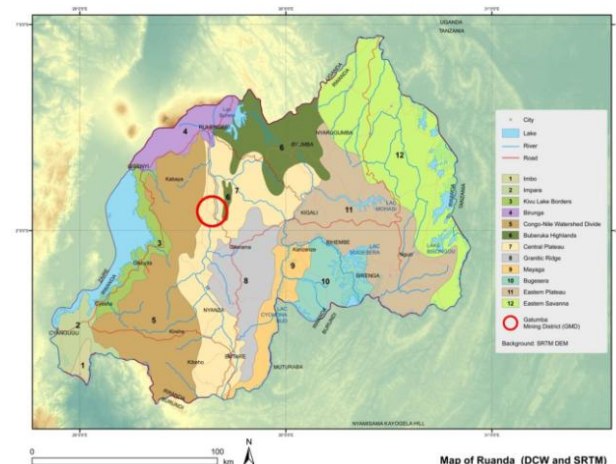
**3. Material und Methoden****3.1 Untersuchungsgebiet und Boden-  
probenahme**

Abbildung1: Übersichtskarte Ruanda mit  
Untersuchungsgebiet Gatumba

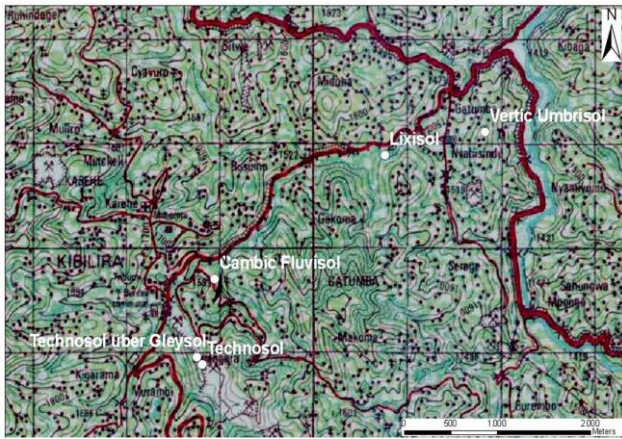


Abbildung 2: Standorte ausgewählter Bodenprofile im GMD

Im August 2010 wurden im GMD Böden, die direkt und indirekt durch den Bergbau beeinflusst sind (Technosol, Technosol über Gleysol und Fluvisol) sowie unbeeinflusste Referenzböden auf Dolerit sowie Sandstein/Schiefer horizontweise beprobt (siehe Abbildung 2). Insgesamt wurden 16 Bodenprofile untersucht. Dargestellt werden die Analysen für fünf ausgewählte Profile.

### 3.2 Analysen

Die luftgetrockneten und gemörserten Bodenproben wurden am Institut für Geoökologie der Technischen Universität Braunschweig auf die Eigenschaften pH-Wert sowie Kohlenstoff- und Stickstoffgehalt (C und N) mit dem Carlo Erba NA 1500 Carbon/Nitrogen/Sulphur Analyzer untersucht. Zudem wurden sie auf die Kationenaustauschkapazität (KAK) über ein Perkin Elmer AAS (atomic absorption spectrometer) und die Korngrößenzusammensetzung über das Sedimentationsverfahren nach Moschrefi (1983) analysiert (siehe Tabelle 1). Der Untersuchungsschwerpunkt war die Messung der Gesamtgehalte an Schwermetallen der gemahlene Bodenproben mittels der ICP-MS (inductively coupled plasma mass spectrometry) des Labors für Umweltgeologie der Technischen Universität Braunschweig. Die Proben wurden hierzu mit Königswasser in der Mikrowelle aufgeschlossen (siehe Tabelle 2).

## 4. Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 1: Eigenschaften der untersuchten Böden

Bodentyp FAO (2006)	Horizont FAO (2006)	Bodenart	pH (CaCl <sub>2</sub> )	C (%)	N (%)	C/N	KAK [cmol kg <sup>-1</sup> Boden]
Technosol auf Haldenabraum	Ah	Su3	3,9	0,2	0,01	13,9	1,79
	C	Si3	4,1	0,2	0,02	11,5	2,46
Technosol über Gleysol auf Haldenabraum	C	Si4	4,0	0,2	0,02	10,8	2,16
	Bg	Si4	4,6	0,1	0,02	9,7	1,72
	Cr	Slu	4,0	0,3	0,02	16,3	2,38
Cambic Fluvisol im Abbaugebiet	Ah	Si4	4,0	0,7	0,07	10,2	2,68
	Bw	Si3	4,2	0,6	0,06	10,4	2,87
	BgBw	Si2	4,2	0,1	0,01	10,4	0,98
	Bg	St2	4,3	0,1	0,01	11,0	1,03
Vertic Umbrisol Referenzb. auf Dolerit	Ah <sub>1</sub>	Ls2	5,0	1,6	0,15	10,9	13,53
	Ah <sub>2</sub>	Lt2	5,1	0,7	0,08	8,8	16,55
Lixisol Referenzb. auf Sandst./Schief.	E	Ls4	3,8	1,1	0,08	13,1	3,32
	Bt	Ts3	3,8	0,7	0,06	11,1	3,81

Tabelle 1 zeigt die Horizonte, Bodenart, pH-Wert, C- und N-Gehalte sowie die KAK der untersuchten Bodenproben.

Der Lixisol-Referenzboden auf saurem Ausgangsgestein zeigt die niedrigsten pH-Werte von 3,8. Der Vertic Umbrisol auf basischem Ausgangsgestein hingegen die höchsten Werte von 5,1. Es handelt sich hier um einen mäßig sauren Boden. Bei den in den Halden gelegenen Böden handelt es sich um stark saure Böden mit pH-Werten bei 4,0 bis 4,6.

Entsprechend gering sind auch die Gehalte an C und N von 0,1 bis 1,6 % (C) und 0,01 bis 0,15 % (N). Höchste Gehalte weisen die Referenzböden und der Cambic Fluvisol auf.

Auch die KAK der Haldenböden und des Fluvisols ist gering (Werte bei 2 und bis zu 3 cmol kg<sup>-1</sup> Boden). Etwas höhere Werte zeigt der Lixisol (3 bis 4 cmol kg<sup>-1</sup> Boden), die höchsten aber der Vertic Umbrisol mit 13,5 bis 16,5 cmol kg<sup>-1</sup> Boden, aufgrund des hohen Anteils an Tonmineralen.

Generell handelt es sich um nährstoffarme, saure Böden, was sowohl auf das tropische Klima und somit auf Auswaschung und Erosion als auch auf saures, quarzreiches Ausgangsgestein zurückzuführen ist (vgl. SCHEFFER u. SCHACHTSCHABEL 2002, S.117 f., 129 f., REETSCH et al. 2008).

Die Tabelle 2 zeigt die Schwermetallgehalte an ausgewählten, bedeutenden Elementen (insgesamt wurden 13 Elemente gemessen).

Tabelle 2: Schwermetallgehalte der untersuchten Böden in [ $\mu\text{g g}^{-1}$ ]

Bodentyp FAO (2006)	Horizont FAO (2006)	Li	Cr	As	Cd	Pb	U
Technosol auf Haldenabraum	Ah	20,16	52,42	2,73	0,08	4,86	2,49
	C	16,35	55,65	2,40	0,10	4,87	2,86
Technosol über Gleysol auf Haldenabraum	C	45,22	47,22	3,46	0,15	10,06	3,02
	Bg	12,32	53,42	2,28	0,11	7,01	1,90
	Cr	35,78	81,84	4,18	0,38	7,82	2,94
Cambic Fluvisol im Abbauggebiet	Ah	12,02	30,31	6,24	0,12	7,13	1,90
	Bw	12,12	31,73	6,34	0,14	6,84	2,07
	BgBw	5,51	20,25	3,64	0,06	4,93	1,29
	Bg	9,94	30,47	5,59	0,07	8,20	1,59
Vertic Umbrisol Referenzb. auf Dolerit	Ah <sub>1</sub>	85,42	84,23	1,06	0,26	4,76	0,58
	Ah <sub>2</sub>	80,01	107,21	1,09	0,36	4,58	0,68
Lixisol Referenzb. auf Sandst./Schief.	E	1,81	43,28	2,41	0,22	9,29	1,19
	Bt	2,82	49,50	2,75	0,06	9,36	1,32
<b>Maßnahmewerte BBodSchV<sup>1</sup></b>		n.a.	<b>200</b>	<b>25</b>	<b>10</b>	<b>200</b>	n.a.
<b>Dutch Target Values<sup>2</sup></b>		n.a.	<b>100</b>	<b>29</b>	<b>0,8</b>	<b>85</b>	n.a.

Die Gehalte an Li und Cr des Referenzbodens Vertic Umbrisol auf Dolerit sind im Vergleich zu den durch den Bergbau beeinflussten Böden mit 80 bis  $100 \mu\text{g g}^{-1}$  die höchsten, bei As und Pb mit 1 und ca.  $5 \mu\text{g g}^{-1}$  die niedrigsten. Der Referenzboden Lixisol auf Sandstein/Schiefer weist die niedrigsten Li-Gehalte (2 bis  $3 \mu\text{g g}^{-1}$ ) aber die höchsten Pb-Gehalte (ca.  $9 \mu\text{g g}^{-1}$ ) auf. Die Gehalte der übrigen Elemente liegen im Wertebereich der Haldenböden. Der Cambic Fluvisol, ein durch den Coltan-Bergbau indirekt beeinflusster Boden, unterhalb des Abbaugebietes lokalisiert, zeigt höchste Gehalte an As (bis zu  $6 \mu\text{g g}^{-1}$ ) und niedrigste Gehalte an Cr (ca.  $30 \mu\text{g g}^{-1}$ ).

Ein Trend zu höheren Werten in den Böden der Bergbauregion lässt sich generell nicht erkennen. Dies könnte sowohl zurückzuführen sein auf die unterschiedlichen Eigenschaften der einzelnen Bodentypen (wie z.B. Gehalt an Tonmineralen, pH-Wert, räumliche Variation), als auch auf die unterschiedlichen Eigenschaften wie Löslichkeit/ Mobilisierbarkeit der einzelnen Spurenelemente. Der Vergleich mit den Maßnahmewerten der Bundesbodenschutzverordnung (1999) und Zielwerten der Hollandliste zeigt, dass die Messwerte der untersuchten Proben diese nicht erreichen.

## 5. Schlußfolgerung und Ausblick

Die Untersuchungen zeigen, dass es sich bei den Böden im GMD, um die in den Tropen vorgefundenen typischen, nährstoffarmen und sauren Böden handelt. Die Gehalte an toxischen Spurenelementen unterhalb der Grenzwerte zeigen, dass nach den bisherigen Untersuchungen für dieses Gebiet keine Gefährdung für die Bevölkerung besteht. Dies aber ist nicht auf benachbarte Bergbauggebiete und spezielle Bereiche im Untergrund wie z.B. hydrothermale Zonen (vgl. LEHMANN et al. 2008) zu übertragen.

## 6. Danksagung

Dank gilt der VW-Stiftung, durch deren Mittel die vorliegende Untersuchung im Rahmen des „Coltan Environmental Management-Projektes“ gefördert wurde.

## 7. Literatur

BBODSCHV (1999): Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554, geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 23. Dezember 2004 (BGBl. I S.3758))

LEHMANN, B., F. MELCHER, M. A. SITNIKOVA AND J. R. MUNANA (2008): The Gatumba rare-metal pegmatites: chemical signature and environmental impact. In: UNR-Etudes Rwandaises 16, 25-37

MINISTRY OF HOUSING, SPATIAL PLANNING AND ENVIRONMENT, DEPARTMENT OF SOIL PROTECTION (2000): Circular on target values and intervention values for soil remediation. The Hague 2000

REETSCH, A., F. NARAMABUYE, W. POHL, D. ZACHMANN, K. TRÜMPER, J. FLÜGGE AND R. NIEDER (2008): Properties and quality of soils in the open-cast mining district of Gatumba, Rwanda. In: UNR-Etudes Rwandaises 16, 51-79

SCHEFFER, F. U. P. SCHACHTSCHABEL (2002<sup>15</sup>): Lehrbuch der Bodenkunde. Heidelberg