

Tagungsbeitrag zur:  
Jahrestagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft vom 07. bis 12. September 2013 in Rostock; Vorträge Symposium II, III, VI; Thema: Schadstoffe in Böden: Analysieren und Bewerten; Berichte der DBG (nicht begutachtete online-Publikation), [www.dbges.de](http://www.dbges.de)

Kainz, W. <sup>1</sup>

## Spurenelemente in Böden des Harzes in Sachsen-Anhalt

### 1. Zusammenfassung

Die Arbeit stellt Ergebnisse der Spurenelement-Verteilung in den Böden des Harzes dar. Sie basiert auf 113 Bodenprofilen mit 594 Bodenproben. An allen Proben wurden 22 Spurenelemente und die für das Bindungsvermögen wichtigen Bodenparameter bestimmt. Für Böden aus Tonschiefer, Grauwacke, Granit, Diabas, permokarbonen Peliten und für Löss-Lessivé-Böden wurden statistische Parameter berechnet. Die Elementverteilung wurde in den Bodenprofilen und in der Fläche untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass die Hintergrundgehalte der untersuchten Auswertungsgruppen durch geogene Überprägungen sowie ubiquitäre und regionale Einträge der Hüttenindustrie deutlich variieren.

**Schlüsselworte:** Harz, Böden, Spurenelemente, Sachsen-Anhalt, Spurenelement-Gehalte, Spurenelement-Verteilung

### 1. Einführung

Die Spurenelementgehalte in den verschiedenen Böden sind für den Bodenschutz und die Daseinsvorsorge wichtig. Hier sollen Ergebnisse der Elementverteilung und die Schwankungen der Hintergrundgehalte in einer pedochemisch stark differenzierten Bodenregion vorgestellt werden.

---

<sup>1</sup> Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, Dezernat Geologische und Bodenkundliche Landesaufnahme, Geophysik  
Tel. ++49 345 5212-114,  
email: [kainz@lagb.mw.sachsen-anhalt.de](mailto:kainz@lagb.mw.sachsen-anhalt.de)

### 2. Material

Die Auswertung basiert auf 594 Bodenproben aus 113 Bodenprofilen. An allen Proben wurden 22 Spurenelemente im Königswasser-Mikrowellen-Aufschluss bestimmt und die Bodenanalytik (Körnung, Humus, Karbonat, pH-Werte, KAK) für die Bewertung der Retentionseigenschaften der Böden durchgeführt. Spurenelementgehalte der anstehenden Gesteine wurden dem „Geochemischen Kataster der Oberflächengesteine des Landes Sachsen-Anhalt“ entnommen.

### 3. Untersuchungsgebiet

Der Harz mit dem Hornburger Sattel gehört zu den Bodenregionen der Mittelgebirge aus paläozoischen Gesteinen. Klima, Vegetation und Nutzung stehen in Abhängigkeit zur Höhenlage, die von 240 m Seehöhe im Osten bis 1140,7 m auf dem Brocken reicht. Die anstehenden Gesteine sind überwiegend marine Tonschiefer und Grauwacken mit Granit-Intrusionen. Je nach Fazies sind die Tonschiefer kohlenstoffhaltig oder mit Sandstein, Quarzit, basischen bis sauren und dann kaliumreichen Vulkaniten, Kalkstein oder Kiesel-schiefer vergesellschaftet. Die Gesteine sind tektonisch verschuppt und in der Wippraer Zone metamorphisiert. In Rand- und Beckenbereichen lagern kontinentale Konglomerate, Sandsteine und Pelite, die zeitlich den Rhyolithen des Auerberges entsprechen. Der Ausstrich der Zechstein-Ablagerungen begrenzt das Untersuchungsgebiet. [1, 3]. Durch die Intrusionen, spätere Zerböckung und Tiefenwässer wurden die primären, fazies- und sedimentabhängigen Spurenelemente der Gesteine umverteilt, und neue Elemente wurden zugeführt. Die Böden bestehen aus dem Verwitterungsmaterial dieser Gesteine und aus Löss. Es sind überwiegend Braunerden und Lessivés. Seit dem frühen Mittelalter beeinflussen Erzbergbau und Hüttenindustrie die Böden [2].

### 4. Methodik

Die Proben wurden nach Ausgangsgestein, Nutzung und Horizontbereichen gruppiert [4]. Statistisch nicht ausreichend belegte und petrographisch ähnliche Auswertungsgruppen wurden zusammengefasst. Die Löss-Lessivé-Böden stammen aus dem Harz und, um die Datenbasis der Gruppe zu

erweitern, aus dem mesozoischen Berg- und Hügelland. Profile bzw. Proben wurden aus der statistischen Bearbeitung ausgeschlossen, wenn sie hydrothermal beeinflusstes Material enthalten oder durch Kupferschiefer i. w. S. beeinflusst sind (Kupferschiefer im Boden, Wuchsdepression, Ackeraufforstung wegen Immission). Proben mit Bestimmungsgrenzen über dem 75. Perzentil aller Werte wurden aus der statistischen Auswertung ausgeschlossen. Ausreißer und Extremwerte wurden auf Plausibilität geprüft. Nicht erklärbare Gehalte wurden als Fehler interpretiert und eliminiert. Darüber hinaus wurden keine Werte entfernt, weil die Proben sicher definiert sind und der natürlichen Heterogenität entsprechen. Für die Auswertungsgruppen wurden Perzentile und MAD berechnet. Die Elementverteilung in den Profilen wurde mit Anreicherungskoeffizienten untersucht. Sie wurden aus den über die Mächtigkeit gewogenen Gehalten der Horizontbereiche der Profile berechnet und danach gemittelt. Regionale Mustererkennung erfolgte in den Humusauflagen, humosen Oberböden und im Untergrund. Sie wurde durch Klassierung der Maximalgehalte der Horizontbereiche mittels 50. und 90. Perzentilen sichtbar gemacht und mit bekannten geologischen Strukturen verglichen.

5. Ergebnisse  
**5.1 Verteilung in den Profilen**  
 Die mittlere Verteilung der Spurenelemente in den Horizontbereichen der Böden ist in Tabellen dargestellt (z. B. Tab. 1). Danach sind in den humosen Oberböden Cd, Hg und Pb profil- und nutzungsübergreifend im Vergleich mit den Unterböden angereichert. Unter Forst sind As, Sb, Sn und Tl häufiger angereichert. Die Befunde belegen atmosphärische Einträge. Nutzungsbedingte Unterschiede sind undeutlich.

Im Untergrund der Böden sind Hg und Sb im Vergleich mit den anstehenden Gesteinen profil- und nutzungsübergreifend angereichert. Auch das ist Beleg für Einträge. Die Auswertungsgruppen unterscheiden sich nach Art und Stärke der angereicherten Elemente und bestätigen dadurch den Einfluss der anstehenden Gesteine.

Tab. 1: Anreicherungs-Koeffizient für den Oberboden im Vergleich zum Unterboden nach realen Profilen in %

Nutzung	Profil-Gruppe	As	B	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Sr	Tl	U	V	Zn
Forst	Hochmoor	195	43	168	86	251	186	206	114	329	124	256	353	172	160	185	161	313	238	191		168	488
	Granit	144	101	78	60	104	60	82	86	165	78	68	101	64	512	132	107	122	97	150	49	97	89
	Grauwacke	222	108	82	72	133	69	92	115	229	83	74	122	80	547	132	140	192	102	160	82	88	114
	Tonschiefer	149	100	84	70	114	72	95	103	166	86	108	120	72	420	117	132	152	96	132		92	103
	Kalkstein	67	74	100	96	76	79	92	51	64	102	205	86	64	247	83	94	84	59	109		94	76
	Diabas	228	107	100	71	229	80	105	76	238	77	119	102	78	507	106	146	133	93	219		92	135
	Sandstein	130	101	68	76	211	56	63	256	319	79	53	89	56	370	116	251	186	92	130		83	84
	Pelit	165	110	85	67	153	56	88	175	170	78	54	141	82	471	113	100	139	94	166		86	102
Löss-Lessivé	202	92	88	82	658	93	90	442	196	79	120	162	84	884	140	256	270	95	228	134	98	126	
Acker	Grauwacke	124	94	95		219	112	101	162	354	93	180		111	428		160		150			108	247
	Tonschiefer	87	91	78	81	259	71	90	56	132	79	130	243	75	176	76	94	79	107	75	64	75	107
	Pelit	117	34	77	59	208	74	51	195	353	46	142	46	30	257	63	581	184	70	57	118	64	113
	Löss-Lessivé	152	120	94	91	722	97	88	612	430	98	107	764	89	870		490		127			127	458
Grünland	Tonschiefer	88	94	101	89	370	86	88	99	108	92	108	63	83	164	90	132	138	122	107	87	100	136
	Tal-Böden	94	107	104	89	157	93	96	158	202	93	70		94	181		102		170		72	109	146
	Löss-Lessivé	127	107	106	107	226	91	89	130	140	103	118		108	182		157		182			98	136
Erläuterung:			<= 100			<=150			<=250			<=400			<=800								>800

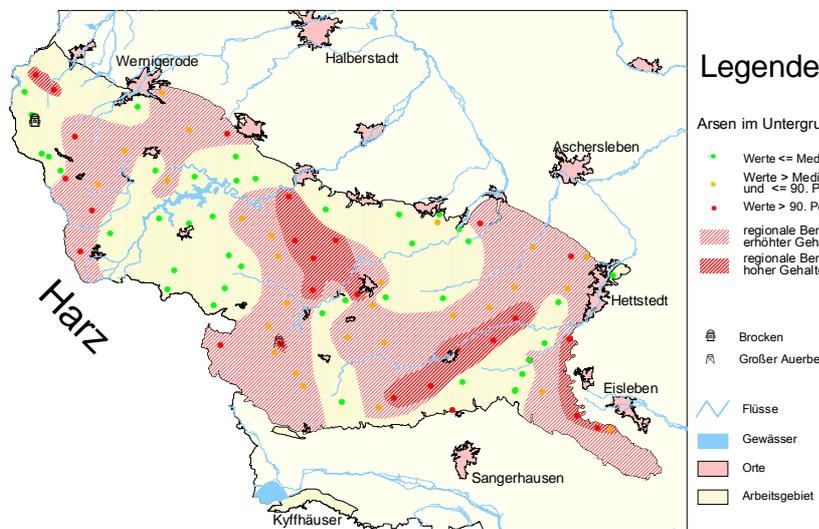
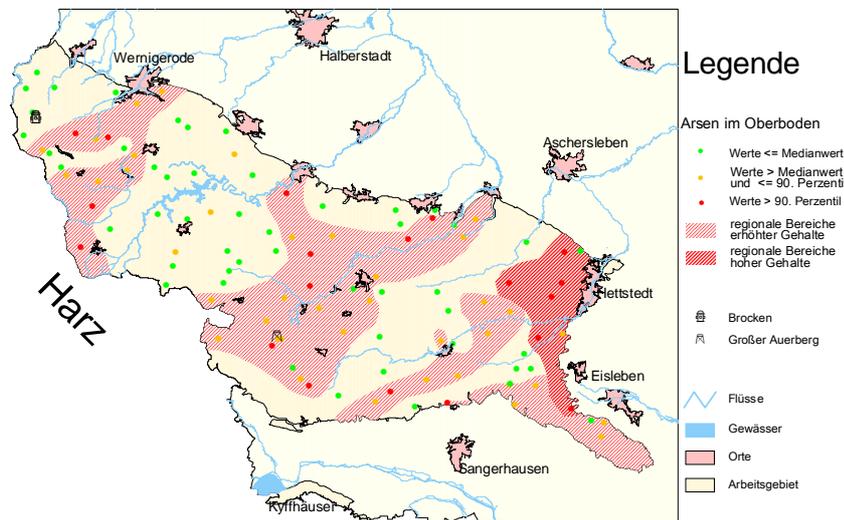
## 5.2 Regionale Verteilungsmuster

Die Proben der Humusaufgaben zeigen zwei Verteilungstypen:

- ⇒ vom Ostrand ausgehend und als Einträge der Hüttenindustrie zu erklären
- ⇒ Anreicherungen im Südwestteil des Harzes aus dem Ferntransport.

Als Beispiel für weitere Verteilungsmuster sei im Folgenden As gewählt. Die Gesteine und Böden des Harzes sind im Vergleich mit weltweiten Mittelwerten As-spezialisiert (Tab. 1). As ist überwiegend in den Humusaufgaben und humosen Oberböden angereichert. Höchste Gehalte kommen in Böden aus Wissenbacher Schiefen, Rhyolith und in den Humusaufgaben der immissionsbelasteten Löss-Lessivé-Böden vor.

As in den Humusaufgaben des Unterharzer Gangreviers weist eine gute Regressionsfunktion zu den Gehalten des Untergrundes der Böden auf, während im undifferenzierten Untersuchungsgebiet keine Abhängigkeit besteht. Die As-Anreicherungen der Humusaufgaben sind hier nicht oder nicht nur atmosphärisch bedingt.



Elemente		As		
Perzentile		50	90	
Profilgruppen	Nutzung	As, mg/kg	As, mg/kg	
Granit	Forst	Oh	22,6	31,8
		OB	23,1	48,1
		UB	12,3	38,8
		UG	17,1	64,9
Grauwacke	Forst	Oh	22,3	29,2
		OB	21,8	33,5
		UB	9,3	32,4
Ton-schiefer	Forst	UG	11,6	32,3
		Oh	23,3	33,4
		OB	20,7	36,7
Pelit	Forst	UB	14,0	29,9
		UG	20,5	42,0
		Oh	25,6	31,3
Löss-Lessivé	Acker	OB	20,8	22,4
		UB	8,7	13,1
		UG	11,4	33,6
	Forst	OB	9,7	18,5
		UB1	6,3	10,9
		UB2	11,6	23,4
		UG	11,5	16,1
Forst	Oh	16,2	28,6	
	OB	12,7	21,9	
	UB1	7,4	11,5	
		UB2	11,6	15,2
		UG	10,7	11,5

Abb. 1: Klassierte Werte und Verteilung der As-Gehalte in den humosen Oberböden und im Untergrund der Böden des Harzes

Tab. 2: 50. und 90. Perzentilwerte der As-Gehalte (Oh - Humusaufgabe; OB – humoser Oberboden; UB – Unterboden; UB1 – Bv-, Ael-Horizonte; UB2 – Bt-Horizonte; UG – Untergrund)

Die Arsengehalte der Oberböden sind im westlichen Mittelharz, im Unterharzer Ganggebiet, in der Wippraer Zone und auf dem Hornburger Sattel erhöht. Im Eisleben-Hettstedter Immissionsgebiet liegen die Arsengehalte über den 90. Perzentilwerten (Abb. 1: oben; Tab. 2).

Im Untergrund (Abb. 1: unten) sind die Arsengehalte im westlichen Mittelharz, im Unterharzer Ganggebiet, im Ostteil bis zum Harznordrand und im Eisleben-Hettstedter Immissionsgebiet erhöht. Über den 90. Perzentilwerten liegende Gehalte wurden in der Granit-Diorit-Nordrandzone des Brocken-Granites, im Kontaktbereich des Ramberg-Granites zwischen Thale und Harzgerode, auf dem Großen Auerberg, in der Wippraer Zone und im Eisleben-Hettstedter Immissi-

onsgebiet gefunden.

### 5.3 Ursachen der Anreicherungen

Anreicherungen in Humusaufgaben und Oberböden sind nach Elementparagenesen, Form und Lage den Kupferschiefer-Hütten im Osten, den Westharzer Hüttenbetrieben oder Mittelharzer Betrieben zuzuordnen (Abb.2). Ubiquitär sind höhere Gehalte von B, Cr, Hg, Mo, Ni, Se, Sn und V im herzynisch gestreckten Südwest-Gebiet. Sie sind durch das Auskämmen der aus der Hauptwindrichtung kommenden Luft am südwestlichen Harzanstieg zu erklären. As-Anreicherungen in der Humusaufgabe des Unterharzer Ganggebietes stehen mit den Gehalten im Untergrund der Böden in Zusammenhang und können durch die Pumpwirkung der

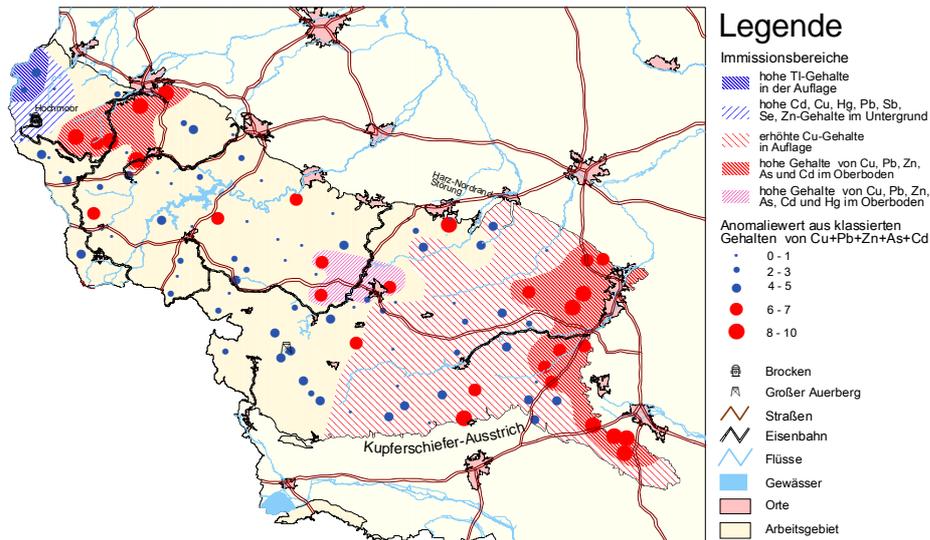


Abb. 2: Immissionsbereiche in den Böden und die Verteilung des Anomaliewertes aus Cu, Pb, Zn, As und Cd

Bäume erklärt werden.

Gleiche Element-Kombinationen haben in den Anreicherungen der Humusauflagen und Oberböden unterschiedliche Ursachen. Dies liegt in der Art der vorkommenden und verhütteten Erze. Der Anomaliewert aus der Summe der Klassenwerte von Cu, Pb, Zn, As und Cd erwies sich als gut anwendbar für die Begrenzung komplexer Anreicherungen (Abb. 2).

Die Anreicherungen im Untergrund stehen häufig mit denen der Oberböden in Zusammenhang (Abb. 1). Diese Anreicherungen sind nach ihrem Verteilungsmuster geologischen Strukturen zuzuordnen (Unterharzer Ganggebiet, Wippraer Zone).

Im Brocken-Gebiet sind Anreicherungen von Cu, Pb, Cd, Zn im Untergrund (Abb. 2) vorhanden. Sie sind als Auswaschung älterer Einträge aus den sauren durchlässigen Oberböden bei sehr hohen Niederschlägen gut erklärbar.

Im westlichen Mittelharz, südwestlich Wernigerode, ist die Herkunft der Anreicherungen noch ungeklärt (Abb. 2).

## 6. Schlussfolgerungen

Die Spurenelement-Gehalte der Böden werden innerhalb der Profilgruppen vom lokalen Elementangebot tektonischer Zonen, geochemischer Überprägungen, ubiquitärer Einträge und regionaler Einträge der Hüttenindustrie modifiziert.

Die vorgestellten Verteilungskarten (Abb. 1) erlauben Rückschlüsse auf lokale Unter-

schiede und ihre Ursachen.

Sie sind deshalb geeignet Entscheidungsgrundlage zu sein, ob ein gefundener Wert den „normalen Verhältnissen“ entspricht und welche Gehalte zu erwarten sind.

Die vorgestellten Ergebnisse sind Grundlage für die Optimierung nachfolgender Untersuchungen und die Beurteilung der Verlagerung von Elementen in den Untergrund bzw. in das abfließende Wasser.

## 7. Literatur

- [1] BACHMANN, G. H., EHLING, B.-C., EICHNER, R. & M. SCHWAB (Hrsg.) (2008): Geologie von Sachsen-Anhalt. - Stuttgart (Schweizerbart).
- [2] DOBLER, L. (1999): Der Einfluß der Bergbauschichte im Osthaz auf die Schwermetalltiefergradienten in historischen Sedimenten und die fluviale Schwermetalldispersion in den Einzugsgebieten von Bode und Selke im Harz. – Dis. Math.-Naturwiss.-Techn. Fak. Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg.
- [3] KNOTH, W., HINTZE, C., JORDAN, H., KRIEBEL, U. & G. MARTIKLOS (1998): Geologische Karte Harz 1:100.000, Erl. auf der Rückseite. – Geol. L.-Amt Sachsen-Anhalt und Niedersächsisches L.-Amt Bodenforsch. (Hrsg.). – Halle (LAGB).
- [4] LABO (2003): Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz: Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Böden. – 3. verb. Aufl.