

Sachstandsbericht

Die Schwermetallgehalte der Böden im Raum
Schneeberg - Aue – Schwarzenberg – Johanngeorgenstadt
für die Bewertung der Gefährdungspfade Boden – Mensch,
Boden – Nutzpflanze und Boden – Sickerwasser
nach Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)

Bearbeiter: K. Kardel, A. Greif, G. Rank, H. Weidensdörfer
Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie
Referat Bodenkartierung/Geochemie
Stand 01.07.2002

Inhaltsverzeichnis		Seite
1	Einleitung	3
2	Probenahme und Analytik	3
3	Statistische Bearbeitung und Kartendarstellung	4
4	Auswertung des Datenbestandes hinsichtlich der Überschreitungen von Prüf- und Maßnahmenwerten für die einzelnen Wirkungspfade	5
4.1	Wirkungspfad Boden – Mensch, direkte Aufnahme von Schadstoffen	6
4.2	Wirkungspfad Boden – Nutzpflanze, Schadstoffübergang in Hinblick auf die Pflanzenqualität und Wachstumsbeeinträchtigungen	7
4.3	Wirkungspfad Boden – Grundwasser	8
5	Zusammenfassung	8
6	Schlussfolgerungen	9
7	Literatur	9
8	Abbildungsverzeichnis	10

1 Einleitung

Im Gebiet um Schneeberg – Aue – Schwarzenberg – Johanngeorgenstadt treten bedingt durch die Tiefenstörung Gera-Jachymov eine Vielzahl von Mineralisationen auf (HÖSEL et al., 1997; WASTERNAK et al., 1995). Verbunden damit sind die Hinterlassenschaften eines jahrhundertelangen Bergbaus auf verschiedene Erztypen.

Uranvererzungen wurden vor allem im Gebiet Schlema – Alberoda – Hartenstein – Schneeberg, Aue – Lauter und um Johanngeorgenstadt abgebaut. Damit vergesellschaftet sind häufig Vorkommen von Kobalt-, Nickel-, Silber-, Wismut- und Selenerzen sowie von Baryt und Fluorit als Begleitminerale. Im Raum Schneeberg treten zusätzlich untergeordnet Blei- und Zinkerze auf. Im Gebiet der Schwarzenberger Gneiskuppel kommen bei Pöhla, Breitenbrunn und Antonsthal zinnführende Skarne und Glimmergreisen vor. Eisenmineralisationen wurden bei Breitenbrunn und Pöhla - Globenstein abgebaut

Durch die geogenen und anthropogenen (Bergbauhalden, Aufbereitung, Verhüttung) Belastungen weisen die Böden dieses Gebietes teilweise erhöhte Gehalte an Arsen und Schwermetallen auf, die über den Prüf- und Maßnahmenwerten der BBodSchV liegen.

Das Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie untersuchte den Stoffbestand der Böden im Rahmen eines Sondermessnetzes.

2 Probenahme und Analytik

Die Probenahme erfolgte horizontbezogen in einem Raster. Die Abstände der Probenpunkte betragen zwischen 500 m und 3000 m. Grundsätzlich liegt dem Messnetz in den eng beprobten Mineralisationsgebieten ein 500 m Raster und in den weiträumiger beprobten wenig mineralisierten Gebieten ein 1000 m Raster zugrunde.

Es wurden die organische Auflage (Forst), der mineralische Oberboden und der Unterboden an einem Grabloch beprobt. In den organischen Auflagehorizonten wurden 122 Proben, im Oberboden 347 Proben und im Unterboden 337 Proben entnommen.

Die Bestimmung der chemischen und physikalischen Parameter erfolgte am Feinboden. Neben dem pH- Wert (CaCl_2) und dem C_{org} - Gehalt wurden die Bodenproben auf Arsen, Cadmium, Blei, Thallium, Uran, Chrom, Kupfer, Mangan, Nickel, Zinn, Vanadium, Thorium, Wolfram und Zink analysiert. Die Bestimmung der Totalgehalte erfolgte mit RFA, für Cadmium und Thallium wurde ein Totalaufschluss bzw. Mikrowellen HNO_3 - Aufschluss mit anschließender AAS- Analytik durchgeführt. Die Bestimmungen der mobilen Elementgehalte und S4- Eluate erfolgten nach DIN 19730 (BBODSCHV, 1999) für Arsen, Cadmium, Blei, Thallium und Uran.

Die Bestimmung des Gehaltes an anorganischen Schadstoffen aus dem Königswasserextrakt kennzeichnet die Schadstoffaufnahme für den Wirkungspfad Boden-Mensch bzw. für den Wirkungspfad Boden-Pflanze. Deshalb wurden für die betroffenen Elemente die im Rahmen des Messnetzes bestimmten Totalgehalte mit den für die einzelnen Leitbodengesellschaften spezifischen Formeln umgerechnet (UTERMANN et al., 2000). In der BBodSchV existieren derzeit für die Elemente Arsen, Blei, Cadmium, Chrom und Nickel Prüfwerte für den Direktpfad. Für die Elemente Zink und Kupfer gibt es Vorschläge für Prüfwertableitungen (MACHTOLF & BARKOWSKI, 2001), für Uran eine toxikologische Bewertung (VOSS & SCHNEIDER, 1997). Die Ammoniumnitratextraktion ist zur Bewertung des Schadstoffübergangs beim Pfad Boden-Nutzpflanze auf Ackerbauflächen und in Nutzgärten in Hinblick auf die Pflanzenqualität für Cadmium, Blei und Thallium sowie auf Ackerbauflächen in Hinblick auf Wachstumsbeeinträchtigungen bei Kulturpflanzen anzuwenden.

Weiterhin liegen im Raum Johanngeorgenstadt von 84 Haldenproben Analyseergebnisse aus dem Königswasser- und Ammoniumnitrat-aufschluss für die Elemente Arsen, Blei, Cadmium, Kupfer, Nickel Quecksilber, Thallium und Zink vor.

3 Statistische Bearbeitung und Kartendarstellung

Die Berechnung der deskriptiven statistischen Parameter erfolgte mit dem Programm SPSS. Es wurden für jedes Element das 15., 25., 50., 75., 90., 95., 97. und 99. Percentil berechnet. Das 50. und 90. P. wird in der Praxis zur Charakterisierung von Hintergrundwerten in Böden (BGR, UBA), das 97. und 99. P. zur Abtrennung von anomalen Elementgehalten angewendet. Die Percentile der Totalgehalte bilden die Grundlage der Legendeneinteilung für die Rasterkartendarstellung. War die Berechnung aller Percentile (z.B. aufgrund von einer Vielzahl von Werten kleiner Bestimmungsgrenze) nicht möglich wurde in der Kartendarstellung nur eine Klasse unter dem ersten berechenbaren Percentil angegeben und diese gelb eingefärbt. Die Elementkarten wurden mit den Interpolationsmethoden Kriging bzw. IDW (inverse distance weight) des GIS ARC/INFO erstellt. Der Interpolationsradius betrug bei Einbeziehung von 10 Nachbarpunkten 1750 m. Das Raster der Elementkarten hat eine Größe von 50 x 50 m.

Für den Datenbestand ergeben sich unabhängig von Substrat und Nutzung folgende in der Tabelle aufgeführten Percentile. Zum Vergleich sind für ausgewählte Elemente die für die Gesamtfläche Sachsens ermittelten Kennwerte angegeben (RANK et al., 1999, 2000).

Tab. 1: Statistische Kennwerte mineralischer Oberboden Schneeberg - Aue - Schwarzenberg - Johanngeorgenstadt/Freistaat Sachsen

Element 1)	Raum Schneeberg – Aue – Schwarzenberg - Johanngeorgenstadt							
	P15	P25	P50	P75	P90	P95	P97	P99
As	49	68	124	205	369	564	690	1099
Cd	0,18	0,24	0,50	0,84	1,24	1,8	2,2	5,1
Pb	73	84	112	148	190	252	327	442
Cr	73	80	102	121	134	149	152	183
Cu	19	24	36	54	76	108	125	217
Mn	258	360	827	1287	1758	2126	2293	3060
Ni	19	24	35	49	65	88	96	131
Sn	11	15	23	44	71	114	176	297
Th	12	14	17	18	21	23	24	28
Tl	0,56	0,66	0,83	1,2	1,5	1,8	1,9	2,2
U	- 3)	-	2,0	3,7	6,8	9,3	12	30
V	76	90	105	121	137	164	181	256
W	6,0	7,0	10	13	20	28	35	48
Zn	76	97	158	225	326	388	459	955
As_{mob}	-	-	35	95	212	678	1359	2623
Cd_{mob}	8,3	16	37	71	131	176	236	305
Pb_{mob}	13	32	192	1519	9250	13935	15618	18144
Tl_{mob}	-	5,6	13	24	34	46	52	90
As_{elu}	2,7	4,8	12	27	73	134	171	388
Cd_{elu}	0,13	0,19	0,41	0,97	2,2	4,2	5,4	16
Pb_{elu}	4,0	5,6	12	30	51	62	70	113
Tl_{elu}	-	-	0,12	0,30	0,49	0,68	0,93	1,3

Element 1)	Freistaat Sachsen							
	P15	P25	P50	P75	P90	P95	P97	P99
As	4,8	7,0	12	27	54	78	100	159
Cd	0,18	0,25	0,40	0,59	0,85	1,1	1,3	2,3
Pb 2)	25	30	42	67	100	130	160	270
Tl	0,30	0,40	0,53	0,67	1,0	1,3	1,8	3,4
As _{mob}	<1	1,1	2,3	4,8	11	22	37	150
Cd _{mob}	4,1	6,6	16	31	59	97	120	204
Pb _{mob}	4,4	8,3	43	700	4600	8000	11000	18000
Tl _{mob}	-	-	<5	5,5	13	22	30	53

- 1) Totalgehalte
- 2) in KW-Gehalte umgerechnete Totalgehalte
- 3) – Percentile liegen unterhalb der Nachweisgrenze

Zur besseren Konturierung von Flächen mit konkreten Anhaltspunkten für das Vorliegen einer schädlichen Bodenveränderung wurde für den Wirkungspfad Boden – Mensch eine Isoliniendarstellung (nur für Arsen relevant) angewendet. Die Isolinien kennzeichnen die Flächen mit Prüfwertüber- und Unterschreitungen der einzelnen Nutzungsgruppen der BBodSchV (Kinderspielflächen, Wohngebiete etc.). Für den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze wurde eine Einzelpunktdarstellung der Proben gewählt, welche Proben kennzeichnet, die je nach Nutzungsart (Acker/Nutzgarten, Grünland) die Prüf- und Maßnahmenwerte überschreiten. Eine Isoliniendarstellung erscheint hier wegen des kleinräumigen Wechsels der Nutzungsart nicht sinnvoll.

Zur Beurteilung des Wirkungspfades Boden-Grundwasser wurden in der Rasterkarte des Unterbodens die den eluierbaren Elementgehalten nach DEV S4 entsprechenden Prüfwerte des Bodensättigungsextraktes angegeben.

Die Elementgehalte der Haldenproben wurden als Punkte mit einer nach Stufen der Verteilung farblich klassifizierten Legende dargestellt.

Die Karten der Elementgehalte (Totalaufschluss) der organischen Auflagen und Unterböden sowie die Darstellung der Ammoniumnitratextrakte in den Unterböden und der eluierbaren Gehalte in den Auflagehorizonten und Oberböden und der Gehalte in den Halden haben informativen Charakter, da die Prüf- und Maßnahmenwerte der BBodSchV für die Pfade Boden-Mensch und Boden-Pflanze nur für mineralische Oberböden gelten. Die Prüfwerte für den Pfad Boden-Grundwasser gelten für den Übergangsbereich von der ungesättigten zur wassergesättigten Bodenzone (Ort der Beurteilung). Der Ort der Probenahme stimmt hier nicht notwendigerweise mit dem Ort der Beurteilung überein.

4 Auswertung des Datenbestandes hinsichtlich der Überschreitungen von Prüf- und Maßnahmenwerten für die einzelnen Wirkungspfade

Anhaltspunkte für das Vorliegen einer schädlichen Bodenveränderung ergeben sich durch allgemeine und konkrete Hinweise nach §3 (1) und §3 (2) BBodSchV.

Nach §3 (4) BBodSchV liegen **konkrete Anhaltspunkte**, die den hinreichenden Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast begründen, i.d.R. vor, wenn Untersuchungen eine Überschreitung von Prüfwerten ergeben. Bei Maßnahmenwertüberschreitungen ist unter Berücksichtigung der Bodennutzung i.d.R. bereits von einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast auszugehen und es müssen Maßnahmen ergriffen werden. Auf jeden Fall sollte bei Prüf- und Maßnahmenwertüberschreitungen im Rahmen von weiterführenden Untersuchungen (Exposition, Resorptionsverfügbarkeit, Schutzgutuntersuchungen) der Gefahrenverdacht erhärtet bzw. ausgeräumt werden.

4.1 Wirkungspfad Boden – Mensch, direkte Aufnahme von Schadstoffen

Für den Wirkungspfad Boden-Mensch (orale, dermale Aufnahme) sind in der BBodSchV Prüfwerte auf der Grundlage der KW-Gehalte der Feinbodenfraktion festgelegt. Die Totalgehalte der Elemente Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Blei und Zink wurden mit der für die Leitbodengesellschaft gültigen Formel auf KW-Gehalte umgerechnet. Für Arsen existiert kein Umrechnungsfaktor, deshalb wurden die As- Totalgehalte für die Bewertung herangezogen.

Arsen

Generell sind die Arsengehalte im Untersuchungsgebiet erhöht, der Median des Oberbodens liegt bei 124 mg/kg (vergleiche Sachsen 12 mg/kg).

Beim Direktpfad wird nur der Prüfwert für Wohngebiete von 50 mg/kg von 3 Proben im Stadtgebiet von Schneeberg überschritten. Da die Probenahme im Rahmen des Sondermessnetzes Schneeberg nicht auf anthropogene Böden ausgerichtet war, ist anzunehmen, dass es auch in anderen Siedlungsgebieten über As -führenden Mineralisationen zu Überschreitungen bei den Prüfwerten für den Direktpfad kommen kann. Die Abb. 13 weist zwischen den Ortslagen Schneeberg, Aue, Lauter und Zwönitz eine geschlossene Fläche mit Arsengehalten > 140 mg/kg auf.

Cadmium

Flächenhaft erhöhte Cd-Gehalt über 1 mg/kg treten, verursacht durch polymetallische Vererzungen, nur zwischen Pöhla und Schwarzenberg, bei Breitenbrunn und Schneeberg auf.

Der niedrigste Prüfwert für den Direktpfad von 2 mg/kg wird im Untersuchungsgebiet von 14 Proben überschritten, die aber nicht als Haus- und Kleingärten genutzt werden.

Das Element Cd hat im Untersuchungsgebiet für den Schadstoffübergang beim Wirkungspfad Boden-Mensch keine Bedeutung.

Blei

Die Pb-Abfolge der Quarz-Sulfid Assoziation spielt im Messnetzgebiet im Gegensatz zum Freiburger Revier nur eine untergeordnete Rolle, kann aber wie auch die Skarnmineralisationen eine Quelle für Bleibelastungen im Boden darstellen. Der Median des Gesamtgebietes liegt bei 112 mg/kg Blei, die Hintergrundwerte für die unbelasteten Substrate (Phyllite, Glimmerschiefer) liegen je nach Nutzung zwischen 80 und 100 mg/kg.

Der Prüfwert für Kinderspielplätze von 200 mg/kg wird von 30 Proben überschritten, welche aber alle unter Forst- und Grünlandnutzung stehen. 4 Proben überschreiten 400 mg/kg, eine Probe 1000 mg/kg Blei. Da sich keine der Proben unter einer direktpfadrelevanten Nutzung befindet, besteht hinsichtlich einer Gefährdung kein Handlungsbedarf. Im Untersuchungsgebiet werden flächendeckend keine Pb-Gehalte > 250 mg/kg erreicht.

Chrom, Nickel

Der niedrigste Prüfwert für Chrom von 200 mg/kg (Kinderspielplätze) wird im Untersuchungsgebiet nicht überschritten. Nickelgehalte > 70 mg/kg treten bei 29 Proben, > 140 mg/kg bei 3 Proben auf. Alle Proben haben Acker-, Grünland oder Forstnutzung und sind so für den Direktpfad nicht relevant. Im Stadtgebiet von Aue kann es durch Anreicherung von Nickel durch die metallverarbeitende Industrie eventuell zu Prüfwertüberschreitungen für den Direktpfad kommen.

Zink, Kupfer, Mangan

Die erhöhten Gehalte dieser Elemente sind häufig an die Skarnmineralisationen gebunden.

Die vorläufigen Prüfwerte der Elemente Zink und Kupfer (MACHTOLF & BARKOWSKI, 2001) für den Direktpfad werden im Messnetzgebiet nicht erreicht.

Uran, Thorium

Bedingt durch die Uranmineralisationen liegen die Urangehalte in den Böden des Untersuchungsgebietes höher als in anderen Regionen. Das 90. Percentil Sachsens von 3,4 mg/kg, ist im Raum Schneeberg –Aue - Schwarzenberg - Johanngeorgenstadt um das Doppelte auf 6,8 mg/kg Uran erhöht.

Für Uran und Thorium gibt es in der BBodSchV derzeit keine Prüfwerte.

Im Auftrag des UBA wurde eine Machbarkeitsstudie zu chemisch-toxischen Wirkungen von natürlichem Uran erstellt (VOSS & SCHNEIDER, 1997). Für die orale Exposition wird ein TRD- Wert von $0,01 \mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{d}$ vorgeschlagen, welcher bei einer angenommenen Resorption von 1,5 % einer zugeführten Dosis von $0,7 \mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{d}$ entspricht.

Die Thorium-Gehalte im Boden sind über den Graniten deutlich erhöht.

Zinn, Wolfram

Die Konzentrationen von Zinn und Wolfram im Boden sind an die entsprechenden Erztypen der Zinn-Wolfram- Mineralisationen gebunden.

Vanadium

Höhere Vanadiumgehalte sind im Untersuchungsgebiet an das Vorkommen von Metabasiten und Amphiboliten gebunden.

Für die Elemente Zinn, Wolfram und Vanadium existieren in der BBodSchV ebenfalls keine Prüfwer-te.

4.2 Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze, Schadstoffübergang in Hinblick auf die Pflanzen-qualität und Wachstumsbeeinträchtigungen

Für die Beurteilung des Schadstoffübergangs Boden-Nutzpflanze bei Ackerbau, Gartenbau und Nutzgärten gelten nach BBodSchV für Arsen die Gesamtgehalte des Königswasserauszugs, für Cadmium und Blei sind die mobilen Gehalte der NH_4NO_3 - Extraktion anzuwenden. Für die Nutzungsart Grünland wurden ausschließlich Maßnahmenwerte festgeschrieben, die sich auf die Gesamtgehalte beziehen.

Arsen

Für den Pfad Boden-Nutzpflanze treten für die Nutzungsart Ackerbau, Nutzgarten Prüfwertüberschreitungen vor allem um die Ortslagen Schneeberg und Schwarzenberg auf. Bei neun Proben wird der Prüfwert von $200 \text{ mg}/\text{kg}$ überschritten, 38 Proben haben Arsengehalte zwischen 50 und $200 \text{ mg}/\text{kg}$. An diesen Standorten ist im Einzelfall zu prüfen, ob in den Böden zeitweise reduzierende Bedingungen auftreten.

Der Maßnahmenwert von $50 \text{ mg}/\text{kg}$ im Grünland wird im Untersuchungsgebiet relativ flächendeckend an 91 Proben überschritten. Die Überschreitungen konzentrieren sich auf die Mineralisationsgebiete.

Cadmium

Der Cd-Maßnahmenwert für die Nutzungsart Ackerbau, Nutzgarten von $100 \mu\text{g}/\text{kg}$ wird nur an drei Standorten überschritten. 10 Proben mit Ackernutzung haben Cd-Gehalte zwischen $40 \mu\text{g}/\text{kg}$ und $100 \mu\text{g}/\text{kg}$ (Maßnahmenwert für Brotweizenanbau $40 \mu\text{g}/\text{kg}$). Die Überschreitungen treten meist an einzelnen Standorten auf, nur im Bereich um Schneeberg sind mehrere Proben betroffen. Dort müssten zur Klärung des Sachverhaltes (flächenhafte Ausdehnung) ggf. Verdichtungsuntersuchungen durchgeführt werden. Bei flächenhaften Überschreitungen des Maßnahmenwertes von $40 \mu\text{g}/\text{kg}$ ist auf diesen Standorten vom Anbau von Brotweizen bzw. stark Cd- anreicherndem Gemüse abzusehen.

Blei

12 Ackerproben überschreiten den Prüfwert von $100 \mu\text{g}/\text{kg}$. Gehäufte Überschreitungen treten um Schneeberg und westlich von Schwarzenberg auf. Auf den Forststandorten erreichen die mobilen Bleigehalte bedingt durch die niedrigen pH-Werte und den Auskämmeffekt des Waldes häufig flächendeckend Werte über $1500 \mu\text{g}/\text{kg}$. Der Maßnahmenwert von $1200 \text{ mg}/\text{kg}$ bei Grünlandnutzung wird nicht überschritten.

Thallium

Erhöhte Tl- Gehalte sind im Untersuchungsgebiet an die Granite, die Zinn-Wolfram- Mineralisationen und an die Li-Glimmergreisen gebunden. Die Prüf- und Maßnahmenwerte werden im Messnetzgebiet nicht überschritten.

4.3 Wirkungspfad Boden-Grundwasser

Für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser wird nach BBodSchV die Bestimmung der Schwermetalle im Bodensättigungsextrakt (BSE) gefordert. Die Ober- und Unterbodenproben des Bodenmessnetzes wurden mit Eluatanalysen nach DIN 38414-4 (Deutsches Einheitsverfahren S4) untersucht. In Abweichung von der DIN wurden die Eluate nicht an der Gesamtprobe, sondern an der Fraktion <2 mm gewonnen.

Da die Bestimmung der Elemente im BSE sehr aufwendig und für eine Massanalytik kaum einsetzbar ist, wurde die DIN Vornorm 19735 entwickelt, um Ergebnisse von Eluatbestimmungen und NH_4NO_3 -Extraktionen in BSE-Gehalte umzurechnen. Die Regressionsgleichungen besitzen zunächst empfehlenden Charakter und sind auf den entsprechenden Kartendarstellungen vermerkt.

Arsen

Dem Prüfwert für den Pfad Boden-Grundwasser von 10 $\mu\text{g/l}$ im Bodensättigungsextrakt (BSE) entsprechen ca. 10 $\mu\text{g/l}$ eluierbares Arsen (DEV S4).

Der letztere Wert ist flächenhaft um Schneeberg, Bernsbach – Schwarzenberg – Pöhla und Johanngeorgenstadt überschritten. Da die Prüfwerte allerdings nur für den Übergangsbereich von der ungesättigten zur wassergesättigten Bodenzone gelten dienen die im Bodenmessnetz bestimmten eluierbaren Gehalte des Unterbodens nur als Richtlinie.

Cadmium

Dem Cd- Prüfwert von 5 $\mu\text{g/l}$ im BSE entsprechen 1,5 $\mu\text{g/l}$ Cd im S4 Eluat. Dieser Gehalt wird flächendeckend zwischen Antonsthal, Rittersgrün, Breitenbrunn und Johanngeorgenstadt überschritten.

Blei

Eluierbare Bleigehalte > 10 mg/l (entsprechen dem Prüfwert von 25 $\mu\text{g/l}$ im BSE) treten auf größeren Flächen um Schneeberg und zwischen Bockau und Antonsthal auf und sind häufig an das Auftreten von Skarmineralisationen gebunden.

5 Zusammenfassung

Das Gebiet um Schneeberg – Aue – Schwarzenberg – Johanngeorgenstadt ist durch das Vorkommen verschiedener Mineralisationstypen potentiell als Gebiet mit erhöhten Schadstoffgehalten einzuschätzen.

Überschreitungen von Prüfwerten beim Pfad Boden-Mensch sind nur für die Elemente Arsen und untergeordnet für Blei relevant. Bei allen anderen Elementen ergaben sich keine Anhaltspunkte für den Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung.

Flächenhafte Prüf- und Maßnahmenwertüberschreitungen für den Pfad Boden-Pflanze können im Untersuchungsgebiet für die Elemente Arsen, Cadmium und Blei auftreten. Der Maßnahmenwert für Grünland von 50 mg/kg As wird im Untersuchungsgebiet relativ häufig überschritten; ebenfalls kommt es in Abhängigkeit von den bodenkundlichen Verhältnissen am Standort zu Überschreitungen des As- Prüfwertes (200 mg/kg bzw. 50 mg/kg) für Ackernutzung. Es wird hier nochmals darauf hingewiesen, dass die Arsengehalte aus dem Totalaufschluss analysiert wurden. Die Gesamtgehalte (KW-Aufschluss) können also durchaus etwas niedriger ausfallen.

Die Prüfwerte für Blei für die Nutzungsart Ackerbau/Nutzgarten sind an mehreren Proben um Schneeberg und westlich von Schwarzenberg überschritten, für Cadmium treten Überschreitungen auf Ackerstandorten nur punktuell auf. Der Maßnahmenwert für Grünland wird weder für Cd noch für Pb überschritten.

Im Untersuchungsgebiet bestehen ebenfalls Anhaltspunkte dafür, dass bei den Elementen Arsen, Blei und Cadmium die Prüfwerte für den Pfad Boden-Grundwasser überschritten sein können. Da die Proben aber nicht am Übergang von der wassergesättigten zur ungesättigten Bodenzone entnommen wurden und die Analytik auch nicht aus dem Bodensättigungsextrakt erfolgte, müssten für eine genaue Abschätzung des Gefährdungspotentials gezielt Proben entnommen und analysiert werden.

6 Schlussfolgerungen

Aufgrund des vorliegenden Datenmaterials kann nachgewiesen werden, dass die gesetzlich festgelegten Prüf- und Maßnahmenwerte der BBodSchV im Untersuchungsgebiet lokal punktuell bzw. flächenhaft überschritten werden.

Das Bodenschutzrecht sieht bei Anhaltspunkten für das Vorliegen einer schädlichen Bodenveränderung eine einzelfallbezogene Gefährdungsabschätzung und Gefahrenbeurteilung vor. Diese schließt mit der Entscheidung ab, ob eine schädliche Bodenveränderung vorliegt oder nicht. Wird eine schädliche Bodenveränderung festgestellt, sind Maßnahmen der Gefahrenabwehr zu ergreifen.

Für Gebiete in denen flächenhaft schädliche Bodenveränderungen auf Grund erhöhter Schadstoffgehalte auftreten oder zu erwarten sind enthält das Bodenschutzrecht [§ 21 (3) BBodSchG], insbesondere das SächsABG [§ 9 i. V. m. § 5 (1) Satz 2 bis 4 SächsABG] die Möglichkeit Bodenplanungsgebiete auszuweisen. In diesen Gebieten können als Alternative zur Einzelfalluntersuchung gebietsbezogene Maßnahmen zur Gefahrenabwehr (Sanierungsmaßnahmen, Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen) festgelegt werden.

Bezüglich der Datenlage ist anzumerken, dass die vorhandenen Bodenanalysen für eine flächenhafte Bewertung des Gesamtgebietes als nicht ausreichend erachtet werden. Besonders in Siedlungsgebieten ist für die Bewertung des Wirkungspfades Boden-Mensch die Datenlage nicht gesichert. Hier müssten gezielt Untersuchungen für die einzelnen Nutzungskategorien durchgeführt werden. Es ist zu prüfen, inwieweit die Belastungen in den Siedlungsgebieten auftreten (Arsen).

In den Außenbereichen reicht die Datenmenge für eine erste Konturierung von belasteten Bereichen (Pfad Boden-Pflanze) aus, um gezielt detailliertere Ermittlungen anzustellen.

Dringender Handlungsbedarf besteht nach unserer Meinung für die relativ flächendeckend auftretenden Überschreitungen des As- Maßnahmenwertes auf Grünlandflächen und für die Überschreitungen der As- und Pb- Prüfwerte auf den Ackerflächen um Schneeberg und Schwarzenberg.

Neben der Abgrenzung der betroffenen Gebiete und weiterer Untersuchungen zur Feststellung einer schädlichen Bodenveränderung sind anschließend eventuell Nutzungsänderungen der betroffenen Flächen in Betracht zu ziehen.

7 Literatur

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (1999): Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV).

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (1998): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz – BBodSchG).

G.E.O.S. FREIBERG INGENIEURGESELLSCHAFT MBH (1997): Analysen Haldenproben Westertalgebirge. - Prüfbericht 575/97, Freiberg.

HÖSEL, G.; TISCHENDORF, G. & WASTERACK, J. (1997): Erläuterungen zur Karte „Mineralische Rohstoffe Erzgebirge-Vogtland/Krusne hory 1: 100 000“, Karte 2 Metalle, Fluorit/Baryt-Verbreitung und Auswirkung auf die Umwelt. - Bergbau in Sachsen, Bd. 3; LfUG & Oberbergamt, Freiberg.

MACHTOLF, M; BARKOWSKI, D. (2001): Ableitung von Prüfwerten für Bodenbelastungen mit Kupfer. - Ber. i.A. des Niedersächs. Ministeriums für Frauen, Arbeit und Soziales, IFUA Institut für Umweltanalyse Projekt-GmbH, Bielefeld.

MACHTOLF, M; BARKOWSKI, D. (2001): Ableitung von Prüfwerten für Bodenbelastungen mit Zink. - Ber. i.A. des Niedersächs. Ministeriums für Frauen, Arbeit und Soziales, IFUA Institut für Umweltanalyse Projekt-GmbH, Bielefeld.

RANK, G.; KARDEL, K.; PÄLCHEN, W. & WEIDENSDÖRFER, H. (1999, 2000): Bodentlas des Freistaates Sachsen, Teil 3 Bodenmessnetz Raster 4 km x 4 km. - Materialien zum Bodenschutz, LfUG Dresden.

UTERMANN, J.; DÜWEL, O.; GÄBLER, H.-E. & HINDEL, R. (2000): Beziehung zwischen Totalgehalten und königswasser-extrahierbaren Gehalten von Schwermetallen in Böden. - Handbuch Bodenschutz 32. Lfg. XI/00.

VOSS, J.-U; SCHNEIDER, K. (1997): Machbarkeitsstudie zur Verknüpfung radiologischer und chemisch-toxischer Wirkungen; Stoffbericht: chemisch-toxische Wirkungen von natürlichem Uran. - Ber. zum F&E- Vorhaben des UBA 103 40 814/01, Forsch.- und Beratungsinstitut Gefahrstoffe, Freiburg.

WASTERNAK, J.; TISCHENDORF, G.; HÖSEL, G.; KUSCHKA, E.; BREITER, K.; CHRT, J.; KOMINEK, J. & ŠTEMPROK, M. (1995): Mineralische Rohstoffe Erzgebirge-Vogtland/Krušné hory 1 : 100 000, Karte 2: Metalle, Fluorit/Baryt - Verbreitung und Auswirkung auf die Umwelt.- LfUG, Freiberg.

8 Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1 Vereinfachte geologische Karte
- Abb. 2 Karte der Mineralisationen
- Abb. 3 Karte der Bodennutzung
- Abb. 4 Räumliche Verteilung der Analysendaten im mineralischen Oberboden
- Abb. 5 pH- Wert in der organischen Auflage
- Abb. 6 pH- Wert im mineralischen Oberboden
- Abb. 7 pH- Wert im Unterboden
- Abb. 8 pH- Wert in den Halden
- Abb. 9 TOC in der organischen Auflage
- Abb. 10 TOC im mineralischen Oberboden
- Abb. 11 TOC im Unterboden
- Abb. 12 Arsen in der organischen Auflage
- Abb. 13 Arsen im mineralischen Oberboden
- Abb. 14 Arsen im mineralischen Oberboden, Wirkungspfad Boden-Mensch
- Abb. 15 Arsen im mineralischen Oberboden, Wirkungspfad Boden-Pflanze, Nutzungsart Grünland
- Abb. 16 Arsen im mineralischen Oberboden, Wirkungspfad Boden-Pflanze, Nutzungsart Ackerbau, Nutzgarten
- Abb. 17 Arsen im Unterboden
- Abb. 18 Mobile Arsen-Gehalte (NH_4NO_3 - Extraktion) im mineralischen Oberboden
- Abb. 19 Mobile Arsen-Gehalte (NH_4NO_3 - Extraktion) im Unterboden
- Abb. 20 Eluierbare Arsen-Gehalte (DEV S4) in der organischen Auflage
- Abb. 21 Eluierbare Arsen-Gehalte (DEV S4) im mineralischen Oberboden
- Abb. 22 Eluierbare Arsen-Gehalte (DEV S4) im Unterboden
- Abb. 23 Arsen in den Halden
- Abb. 24 Cadmium in der organischen Auflage
- Abb. 25 Cadmium im mineralischen Oberboden
- Abb. 26 Cadmium im Unterboden
- Abb. 27 Mobile Cadmium-Gehalte (NH_4NO_3 -Extraktion) im mineralischen Oberboden
- Abb. 28 Mobile Cadmium-Gehalte (NH_4NO_3 -Extraktion) im Unterboden

- Abb. 29 Mobile Cadmium-Gehalte (NH_4NO_3 -Extraktion) im mineralischen Oberboden, Wirkungspfad Boden-Pflanze, Nutzungsart Ackerbau, Nutzgarten
- Abb. 30 Eluierbare Cadmium-Gehalte (DEV S4) in der organischen Auflage
- Abb. 31 Eluierbare Cadmium-Gehalte (DEV S4) im mineralischen Oberboden
- Abb. 32 Eluierbare Cadmium-Gehalte (DEV S4) im Unterboden
- Abb. 33 Cadmium in den Halden
- Abb. 34 Blei in der organischen Auflage
- Abb. 35 Blei im mineralischen Oberboden
- Abb. 36 Blei im Unterboden
- Abb. 37 Mobile Blei-Gehalte (NH_4NO_3 -Extraktion) im mineralischen Oberboden
- Abb. 38 Mobile Blei-Gehalte (NH_4NO_3 -Extraktion) im Unterboden
- Abb. 39 Mobile Blei-Gehalte (NH_4NO_3 -Extraktion) im mineralischen Oberboden, Wirkungspfad Boden-Pflanze, Nutzungsart Ackerbau, Nutzgarten
- Abb. 40 Eluierbare Blei-Gehalte (DEV S4) in der organischen Auflage
- Abb. 41 Eluierbare Blei-Gehalte (DEV S4) im mineralischen Oberboden
- Abb. 42 Eluierbare Blei-Gehalte (DEV S4) im Unterboden
- Abb. 43 Blei in den Halden
- Abb. 44 Thallium in der organischen Auflage
- Abb. 45 Thallium im mineralischen Oberboden
- Abb. 46 Thallium im Unterboden
- Abb. 47 Mobile Thallium-Gehalte (NH_4NO_3 -Extraktion) im mineralischen Oberboden
- Abb. 48 Mobile Thallium-Gehalte (NH_4NO_3 -Extraktion) im Unterboden
- Abb. 49 Eluierbare Thallium-Gehalte (DEV S4) in der organischen Auflage
- Abb. 50 Eluierbare Thallium-Gehalte (DEV S4) im mineralischen Oberboden
- Abb. 51 Eluierbare Thallium-Gehalte (DEV S4) im Unterboden
- Abb. 52 Thallium in den Halden
- Abb. 53 Uran in der organischen Auflage
- Abb. 54 Uran im mineralischen Oberboden
- Abb. 55 Uran im Unterboden
- Abb. 56 Mobile Uran-Gehalte (NH_4NO_3 -Extraktion) im mineralischen Oberboden
- Abb. 57 Mobile Uran-Gehalte (NH_4NO_3 -Extraktion) im Unterboden
- Abb. 58 Eluierbare Uran-Gehalte (DEV S4) in der organischen Auflage
- Abb. 59 Eluierbare Uran-Gehalte (DEV S4) im mineralischen Oberboden
- Abb. 60 Eluierbare Uran-Gehalte (DEV S4) im Unterboden
- Abb. 61 Chrom in der organischen Auflage
- Abb. 62 Chrom im mineralischen Oberboden
- Abb. 63 Chrom im Unterboden
- Abb. 64 Kupfer in der organischen Auflage
- Abb. 65 Kupfer im mineralischen Oberboden
- Abb. 66 Kupfer im Unterboden
- Abb. 67 Kupfer in den Halden
- Abb. 68 Mangan in der organischen Auflage
- Abb. 69 Mangan im mineralischen Oberboden
- Abb. 70 Mangan im Unterboden
- Abb. 71 Nickel in der organischen Auflage
- Abb. 72 Nickel im mineralischen Oberboden
- Abb. 73 Nickel im Unterboden
- Abb. 74 Nickel in den Halden
- Abb. 75 Zinn in der organischen Auflage
- Abb. 76 Zinn im mineralischen Oberboden
- Abb. 77 Zinn im Unterboden
- Abb. 78 Thorium in der organischen Auflage
- Abb. 79 Thorium im mineralischen Oberboden
- Abb. 80 Thorium im Unterboden
- Abb. 81 Vanadium in der organischen Auflage
- Abb. 82 Vanadium im mineralischen Oberboden

Abb. 83	Vanadium im Unterboden
Abb. 84	Wolfram in der organischen Auflage
Abb. 85	Wolfram im mineralischen Oberboden
Abb. 86	Wolfram im Unterboden
Abb. 87	Zink in der organischen Auflage
Abb. 88	Zink im mineralischen Oberboden
Abb. 89	Zink im Unterboden
Abb. 90	Zink in den Halden