© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark	Band 130	S. 5–18	Graz 2000

I. WISSENSCHAFTLICHE ABHANDLUNGEN

Bergbauhalden – Gefährdung für die Umwelt?

Von Christine LATAL[1], Christian WOLF[2] & Alois FENNINGER[1]
Mit 6 Abbildungen und 5 Tabellen

Angenommen am 2. September 2000

Zusammenfassung: Eine Erstabschätzung des Gefährdungspotentials von vier Bergbauhalden des Grazer Paläozoikums im Bereich Großstübing-Guggenbach auf die Umweltmedien Boden, Wasser und Sediment wurde durchgeführt. Das Hauptziel war die Erfassung der Belastung der Böden durch die Schwermetalle Cd, Cr, Co, Cu, Ni, Pb, Zn. In die Untersuchungen wurden auch Fe und Mn einbezogen. Neben den Schwermetallen wurden auch bodenchemische Parameter wie pH-Wert und organischer Kohlenstoffgehalt bestimmt. In die abschließende Risikobewertung wurden dann alle Parameter miteinbezogen. Die Böden zeigen erwartungsgemäß die stärksten Belastungen, während Wasser und Bachsedimente in weitaus geringerem Ausmaß Beeinflussungen durch den Bergbau anzeigen. Die Schwermetallkonzentrationen der Gewässersedimente werden nach dem Geoakkumulationsindex (MÜLLER 1981) bewertet und zeigen punktuelle Belastungen der Sedimente durch Kadmium, Blei und Zink, die geogen als auch anthropogen durch die Halden bedingt sind. Die Halden selbst weisen vor allem bei den Schwermetallen Kadmium, Blei und Zink sehr hohe Konzentrationen auf, welche die Grenzwerte der Klärschlammverordnung und Toxizitätswerte des schutzgut- und nutzungsbezogenen Eikmann-Kloke Bewertungssystems (EIKMANN & KLOKE 1993) für Schadstoffe in Böden um ein Vielfaches überschreiten.

Summary: Are mine dumps dangerous to the environment? – A first evaluation of the potential damage of four mining dumps of the Graz Paleozoic in the area of Großstübing-Guggenbach to soils, water and sediments has been carried out. The main aim was to record the pollution of the soils by the heavy metals Cd, Cr, Co, Cu, Ni, Pb, Zn. In addition, Fe and Mn have been included into this investigation. Besides the heavy metal content also further specific soil parameters, as pH and organic carbon content, have been measured. The final risk assessment takes all parameters into account. As expected, the soils show the highest pollution, whereas water and river sediments indicate some influences of the mining, but on a much smaller scale. The heavy metal concentrations of the sediments are evaluated by the index of geoaccumulation (I_{geo}) (MÜLLER 1981) and show local pollution of the sediments by cadmium, lead and zinc, which are geogenically but also anthropogenically caused by the mining dumps. The mining dumps show very high concentrations of the heavy metals cadmium, lead and zinc, which by far exceed the limiting value of the sewage slugde regulation, as well as the toxic limit of the Eikmann-Kloke evaluation system (EIKMANN & KLOKE 1993)which takes into account the kind of use of the soils.

1. Einleitung

Im Zuge von Untersuchungen von Verdachtsflächen, Altlasten und Altlaststandorten rückten in den letzten Jahren auch historische Berg- und Hüttenstandorte hinsichtlich ihres Gefahrenpotentials für die Umwelt in den Vordergrund. 1994 wurden von der Geologischen Bundesanstalt (SCHERMANN & SCHEDL 1994) Ergebnisse von einigen Standorten in der Steiermark präsentiert, die im Bereich der ehemaligen Blei-Zink-

[1] Mag. Christine LATAL und Prof. Mag. Dr. Alois FENNINGER, Institut für Geologie und Paläontologie, Karl-Franzens-Universität Graz, Heinrichstraße 26, A-8010 Graz, e-mail: christine.latal@kfunigraz.ac.at; alois.fenninger@kfunigraz.ac.at

[2] Mag. Christian WOLF Abteilung für Vegetationsökologie und Naturschutzforschung, Institut für Pflanzenphysiologie der Universität Wien, Althanstr. 14, A-1091 Wien, e-mail: ZT-Büro Dr. Gamerith, Katzianergasse 9, A-8010 Graz, e-mail: christian.wolf@gamerith.at

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
Bergbaue des Grazer Paläozoikums zum Teil hohe Schwermetallkontaminationen erkennen ließen. Zusammenfassend werden Untersuchungen der Blei-Zink-Bergbaureviere der Bezirke Graz und Graz-Umgebung in PROSKE 1999 dargestellt. Untersuchungen im Bereich historischer Bunt- und Edelmetalllagerstätten im Land Salzburg wurden mit dem Ziel der Erfassung altlastenrelevanter Standorte durchgeführt (BRUNNER & al. 1998). Mittels detaillierter Untersuchungen an vier ausgewählten Bergbauhalden unterschiedlichen Abrauminhaltes und Deponierungsalters werden Auswirkungen, unter besonderer Berücksichtigung von Schwermetallen, auf die Umwelt dargestellt (LATAL & al. 1998). Je nach Nutzungsart der Halden können auch Folgen für den Menschen, z.B. über die Nahrungskette, auftreten. Die vom Boden ausgehende Gefährdung kann über die Pfade Boden-Mensch, Boden-Pflanze und Boden-Grundwasser erfolgen (FRANKEN & UTERMANN 1999).

Bergbauliche Abbauttätigkeiten zur Gewinnung mineralischer Rohstoffe bewirken lokale und regionale Auswirkungen auf terrestrische und aquatische Ökosysteme. Bergbau produziert große Mengen an Taubgestein und Abfallmaterial, das üblicherweise entweder an Land oder in aquatischen Ökosystemen beseitigt wird (SALOMONS, FÖRSTNER, MADER 1995).

Der Grad der Umweltauswirkungen aufgrund bergbaulicher Tätigkeiten hängt in erster Linie vom Rohstoff, der Art der Gewinnung, der Aufbereitung und den geologischen Gegebenheiten ab. Daraus ergeben sich direkte und indirekte Auswirkungen.

Direkte Auswirkungen führen während der Abbautätigkeiten zu einer temporären Belastung durch Emissionen. Aber auch langfristige, über die Betriebszeit hinausreichende Umwelteinflüsse wirken sich auf Boden, Grund-, Oberflächenwässer und auf die morphologische Umgestaltung des Geländes aus. Die indirekten Folgen stehen im Zusammenhang mit der Rohstoffveredelung, wie Aufbereitung und Verhüttung. Zu den vorrangigsten Umweltrisiken, die in Zusammenhang mit Bergbautätigkeiten stehen, zählen die Belastung der Böden und der Vegetation durch Schwermetallemissionen/-imissionen, Beeinträchtigung von Grund- und Oberflächenwässer durch belastete Grubenwässer und Haldeneluate, bergbaubedingte Gebirgsbewegungen, Aufhaldung von erzhältigem Material sowie von Aufbereitungsrückständen, Umgestaltung der Geländemorphologie an der Tagoberfläche des Bergbaues und die flächige Verteilung von Haldenmaterial im Zuge einer späteren Nutzung als Schüttmaterial.

Das bei der Gewinnung von Erzen anfallende „Taubgestein" stellt aufgrund seines erhöhten Metallgehaltes ein potentielles Risiko dar. Der Austrag von Schwermetallen aus Halden kann über verschiedene Wege wie Verwehung, Auswaschung oder Nachnutzung des Haldenmaterials als Baumaterial erfolgen. Besonders anfällig für Erosion sind Halden ohne oder nur mit einer spärlichen Vegetationsschicht. Diese Situation tritt sehr häufig auf, da sich auf Schwermetallstandorten die Bodenbildung und die Bodenflora nur sehr langsam entwickelt. Zusätzlich zur Kontamination der Böden kommt es zur Belastung der Vorfluter und deren Sedimente. Eine weitere Möglichkeit der Beeinflussung der Oberflächengewässer besteht durch Sicker- bzw. Quellwässer im Einflußbereich der Halden. Ein geotechnisches Risiko bilden, aufgrund ihrer zumeist schwachen Konsolidierung bzw. ihres Stoffinhaltes, Haldenkörper, die durch Bautätigkeiten angeschnitten oder genutzt werden.

Um eine synergistische Prognose über die tatsächlichen Gefährdungspotentiale erstellen zu können, müssen alle diese Faktoren untersucht und bewertet werden (SCHERMANN & SCHEDL 1994, BLUMENSTEIN & al. 2000).

2. Untersuchungsgebiet

Ausgehend von einer geologischen Kartierung im Maßstab 1:10.000 ist das Ziel der durchgeführten Untersuchungen eine Abschätzung der Risikofaktoren unter dem Hauptaugenmerk der Schwermetallbelastung der Böden von vier ausgewählten Blei-

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Zink- bzw. Pyritbergbauhalden des Grazer Paläozoikums (LATAL 1998, WOLF 1998). Die vier Halden wurden nach folgenden Kriterien ausgewählt:

1. Stoffinventar: Bei drei Halden handelt es sich um Abraummaterial aus Blei-Zinkabbauen (Halde 1: Silberbergstollen; Halde 2: Oberer Ludwigstollen, Halde 4: Bergbau „Hork"), bei der vierten um einen Pyritbergbau (Halde 3: Pyritbergbau Großstübing/Bergwerk).

2. Deponierungsalter: Der Pyritbergbau und zwei Blei-Zinkbergbaue (Oberer Ludwigstollen und „Hork") wurden Anfang des 20. Jahrhundert stillgelegt, die vierte Halde wurde im Zuge eines Explorationsstollens der Bleiberger Bergwerks Union im Jahre 1983 aufgeschüttet.

3. Nutzung der Halden: Die Silberberghalde aus dem Jahr 1983 ist unbewachsen, die zwei anderen Blei- Zinkhalden sind Wiesen mit Baumbewuchs und auf der Pyritbergbauhalde stehen zwei Einfamilienhäuser mit Gemüsegärten.

Die vier Halden liegen zwischen dem Übelbachtal und dem Stübinggraben im Bereich Großstübing, Steiermark, Österreich, Bl. 163 Voitsberg (Abb. 1). Das untersuchte Areal wird von Gesteinen des Grazer Paläozoikums aufgebaut. Die Bergbaue liegen in der Taschen-Schiefer-Formation der Peggauer Gruppe (FLÜGEL 2000).

Bei den Vererzungen handelt es sich um stratiforme, sedimentär-exhalative (SEDEX) Blei-Zink- und Pyritlagerstätten. Dieser Lagerstättentypus ist im Grazer Paläozoikum ausschließlich an die Taschen-Schiefer-Formation (vormals Arzberg Formation) gebunden (FLÜGEL & NEUBAUER 1984, WEBER 1990, WEBER 1997).

Der Silberbergstollen und der Bergbau Hork gehören zu den Pb-Zn-Abbauen Großstübing, der Obere Ludwigstollen zur Pb-Zn-Lagerstätte Guggenbach, der Pyritbergbau Großstübing stellt eine getrennte Lagerstätte dar. Historisch betrachtet hat sich der Abbau dieser Lagerstätten trotz der räumlichen Nähe und Ähnlichkeiten in der Erzführung unterschiedlich entwickelt.

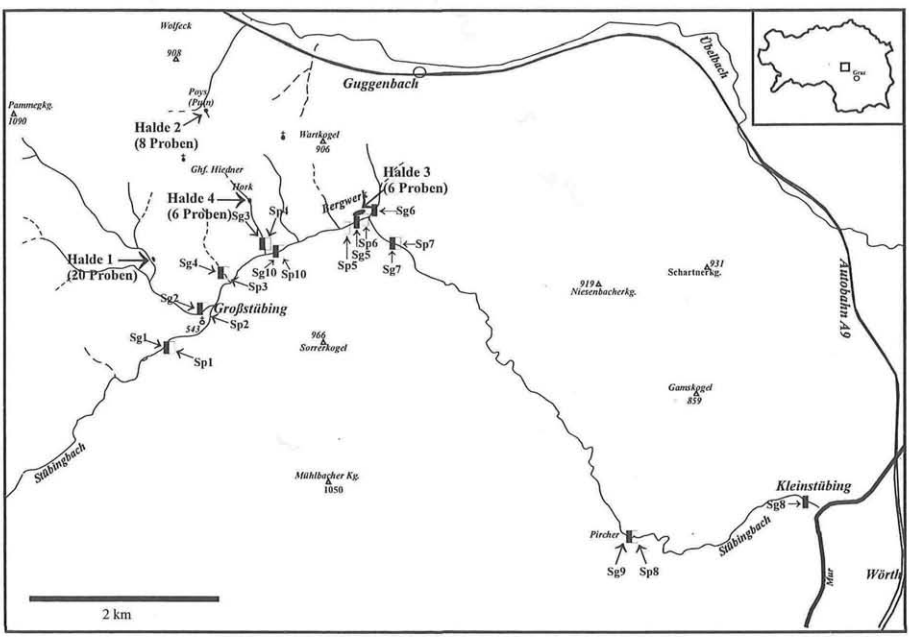

Abb. 1: Übersichtsskizze: Lage der Halden (Halde 1: Silberbergstollen; Halde 2: Oberer Ludwigstollen; Halde 3: Pyritbergbau Großstübing/Bergwerk; Halde 4: Pb-Zn-Bergbau „Hork") und Entnahmestellen der Wasser- und Sedimentproben

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Das Bergbaugebiet der Lagerstätte Guggenbach ist in zwei Reviere, das Obere (Franziska-Grubenfeld) und das Untere (Ludwig-Grubenfeld) unterteilt, mit insgesamt 13 bekannten Stollen und 14 Halden. Die geschichtlichen Aufzeichnungen über die Guggenbacher Bergbau-Unternehmungen sind sehr spärlich, wahrscheinlich deshalb, weil die Lager-stätten hauptsächlich Zinkblende führen, die erst in späterer Zeit im Erzabbau an Bedeutung gewonnen hat. Dann erlebte dieses Gebiet eine kurze Blüte. Nach WEBER (1990) weisen die frühesten geschichtlichen Quellen auf einen Beginn des Bergbaues um 1500 hin, der mit einigen Unterbrechungen bis zum Anfang des 20. Jahrhunderts fortgeführt wurde.

Erste unsichere Angaben über Abbautätigkeiten der Blei-Zinklagerstätten des Raumes Großstübing gehen auf die Zeit der Kelten und Römer zurück. Gesicherte Hinweise auf den Erzabbau im Raum Stübing liegen ab 1748 vor. Der Abbau erfolgte mit kurzen Unterbrechungen und wechselnden Besitzern bis 1800. Nach einer Stilllegung von 1800 bis 1880 wurde anschließend bis 1928 wiederum Erz abgebaut (FLÜGEL 1953; BAUMGARTNER 1992). In diesem Raum sind 3 Stollen und 10 Halden bekannt.

Als Folge eines Projektes der Bleiberger-Bergwerks-Union AG in den Jahren 1974–1978 zur Erkundung von Blei-Zinkerzen im Grazer Paläozoikum wurde 1983 der Silberbergstollen bei Großstübing mit einer Länge von 1442 Laufmetern geschlagen.

Die ersten gesicherten Hinweise auf kontinuierliche Abbau- und Aufschlußarbeiten des Schwefelkiesbergbau Großstübing/Siedlung Bergwerk findet man aus dem Jahre 1880. Der Betrieb dauerte bis 1899, erst 1916 wurde der Abbau von Schwefelkies von der Leykam-Josefsthal AG zur Herstellung von Schwefelsäure wieder aufgenommen. 1917 wurde der Betrieb unter das Kriegsleistungsgesetz gestellt. Ab 1923 wurden aufgrund des schlechten Zustandes der Stollen Bauhaftungsarbeiten bis 1940 durchgeführt; 1955 erfolgte die endgültige Heimsagung des Schwefelkiesbergbaues Großstübing (Unveröffentlichte Berichte des Archivs der Berghauptmannschaft Graz, 1955).

Tab. 1: Anzahl der aus den einzelnen Halden entnommenen Proben

	Silberberg (Halde 1)	Guggenbach (Halde 2)	Pyritbergbau (Halde 3)	Hork (Halde 4)
Anzahl der Proben	20	8	6	6

Die folgenden Kurzbeschreibungen der einzelnen Halden berücksichtigen besonders die umweltrelevanten Faktoren. Die Anzahl der untersuchten Bodenproben aus jeder Halde ist in Tab. 1 dargestellt.

Die Silberberghalde (Halde 1) liegt weitgehend ohne Bodenbildung und fast ohne Bewuchs vor. Vereinzelt fanden sich Fichtenschößlinge. Die Oberkante der Halde erstreckt sich über 50 m. Die Halde ist durch eine Stahlkonstruktion nach unten hin gesichert, der darunter vorbeifließende Brandnerbach schneidet die Halde nicht an. Die Form der Halde verändert sich ständig, da das Haldenmaterial zur Aufschotterung von Wegen und für Geländebegleichungen abgebaggert wird. Im Anschluß daran soll das Haldengelände rekultiviert werden.

Auf der Ludwigstollenhalde (Halde 2) hat sich ein ca. 10–20 cm dicker Haldenrohboden entwickelt. Dabei handelt es sich um einen sehr dunklen, stark humosen und feinkörnigen Boden. Der Bewuchs besteht vorwiegend aus Laubbäumen mit einer nicht sehr tiefreichenden Verwurzelung. Morphologisch hebt sich der ca. 20 m × 20 m lange Haldentisch aus dem umgebenden Gelände ab. Von Bedeutung, hinsichtlich der Belastung der Böden durch Schwermetalle, scheint ein in unmittelbarer Nähe der Halde liegendes Wasserschutzgebiet der Gemeinde Übelbach zu sein. Die Halde befindet sich

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

bergauf ca. 200 m südlich des Quellschutzgebietes, die Quelle wird für die Trinkwasserversorgung der Gemeinde Übelbach genützt.

Die Halde des Pyritbergbaues Großstübing (Halde 3) hebt sich morphologisch stark aus dem Gelände ab. Der Haldenbereich ist als Baugrund gewidmet (Grst.Nr. 1368/7 Gemeinde Großstübing), zwei Einfamilienhäuser wurden auf der Halde errichtet.

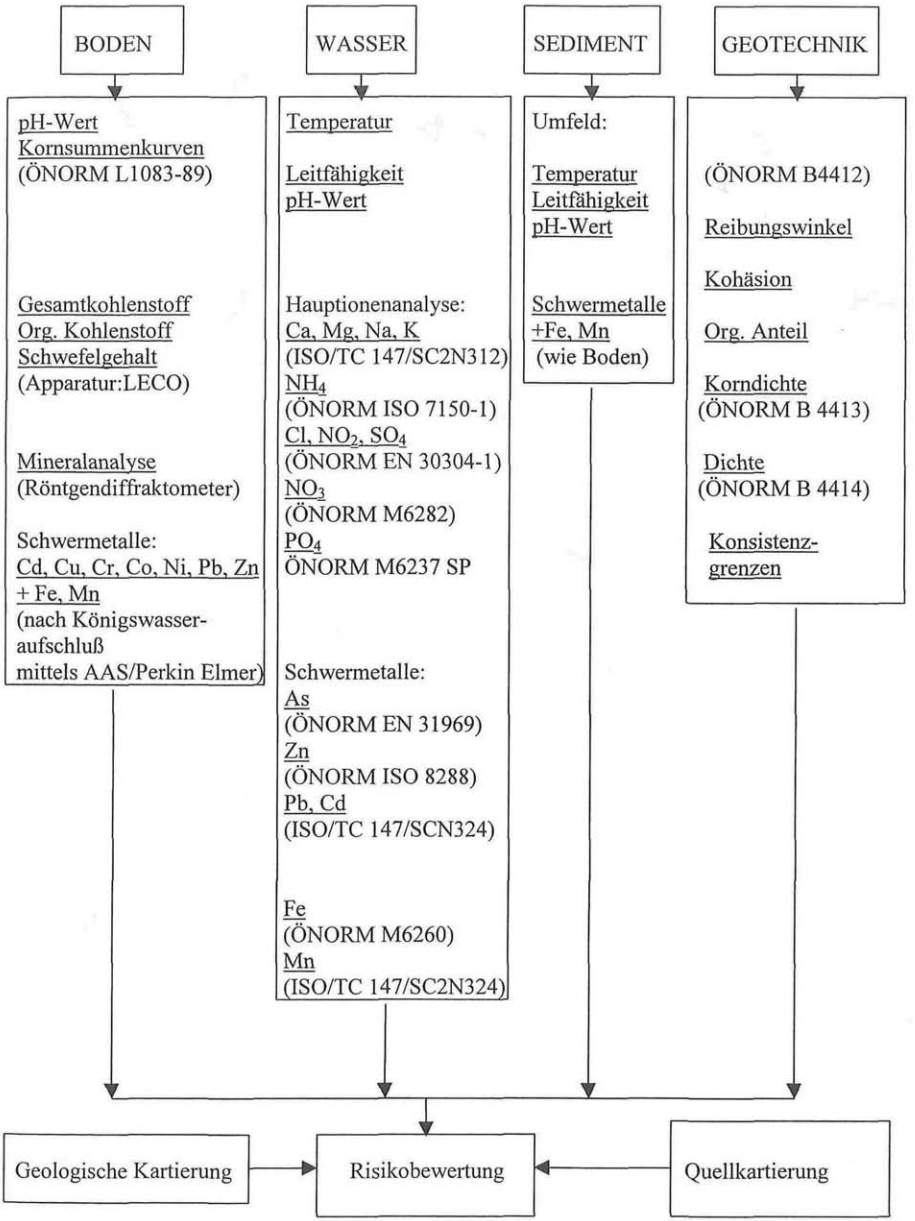

Abb. 2: Untersuchungsmethodik

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Zusätzlich zu den Bodenproben für die umweltgeologischen Analysen wurden noch aus einem Handschurf in ca. 70 cm Tiefe gestörtes Material, und 3 Stechzylinder ungestörtes Material für geotechnische Auswertungen entnommen.

Die Halde des Pb-Zn-Baues „Hork" (Halde 4) liegt mit Bewuchs von Nadelbäumen vor. Naheliegende Grünflächen werden als Viehweiden verwendet.

Zusätzlich zu den Proben aus den Halden wurden aus dem Nahbereich jeweils zwei weitere Proben genommen, um Werte für „unbelastete" Nachbarböden zu ermitteln.

3. Untersuchungsmethodik

Wie aus Abb. 2 hervorgeht, wurden die drei Umweltmedien Boden, Wasser und Sediment beprobt und nach den dort angeführten Methoden untersucht. Die Bodenproben wurden oberflächennahe genommen. Die Entnahmetiefe liegt bei max. 30 cm, da dies dem Hauptwurzelbereich entspricht. Die hier gebundenen Schwermetalle können am ehesten Auswirkungen auf die Pflanzen und somit auch auf Tiere und Menschen zeigen. Proben wurden ausschließlich im Korngrößenbereich Sand genommen. Um eine Verfälschung der Schwermetallgehalte zu vermeiden, wurde jeglicher Kontakt der Proben mit metallischen Geräten vermieden, die Probennahme und Aufbereitung erfolgte ausschließlich mit Kunststoffgeräten.

Die Beprobung des Stübingbaches erfolgte von Großstübing bis zu seiner Mündung in die Mur bei Kleinstübing. Weiters wurden diejenigen Zubringerbäche beprobt, in deren Einzugsgebiet Bergbaue liegen und deren Kontaminationen nicht auszuschließen waren. An jeder Probennahmestelle wurden Temperatur, Leitfähigkeit und pH-Wert vor Ort gemessen. An 10 Stellen (siehe Abb. 1) wurden neben den Wasserproben auch Sedimentproben entnommen. Die Entnahmepunkte wurden so festgelegt, daß eventuelle Einflüsse durch die Zubringerbäche berücksichtigt werden konnten.

4. Ergebnisse

Die **Bodenproben** weisen im Hinblick auf eine Umweltgefährdung zum Teil hohe Schwermetallkonzentrationen auf. Die Maximalgehalte und der Medianwert der gemessenen Elemente der vier Halden sind in Tab. 2 dargestellt.

Tab. 2: Median- und Maximalwerte der Elementkonzentrationen in den Halden, Angaben in ppm bis auf Fe (%)

	Silberberg		Guggenbach		Hork		Pyritbergbau	
	Median	Maximum	Median	Maximum	Median	Maximum	Median	Maximum
Cd	2	**24**	**21.5**	**77**	**10.5**	**14**	1.5	**4**
Co	**63**	**106**	26	48	24	30	23.5	29
Cr	92	**374**	5	19	14.5	19	16	28
Cu	50	83	34.5	65	30	42.1	27	37.5
Ni	**92.5**	**226**	59	**70**	38	47	55	60
Pb	**109.5**	**6350**	**3078**	**7901**	**2182**	**8387**	94.5	**145**
Zn	242	**8890**	**7052**	**24887**	**2083**	**5856**	187	209
Fe	6.3	11.5	5.1	6.98	6.27	11.1	6.4	8.2
Mn	681.5	1558	1470	1891	2685	5775	852	1097

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Tab. 3: Ergebnisse der Oberflächenwässer (Beprobungstermin 7. 8. 1997)

Probe	Temp.	LF	pH	Fe	Mn	Cu	Pb	Zn	Cd	As
	°C	µS/cm		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l
SG1	12.8	434	8.2	0.06	0.004					
SG2	11.8	437	8.4	0.13	0.006					
SG3	10.9	457	8.7	1.4	0.08		0.04	0.05		
SG4	10.7	488	8.8	0.14	0.012		0.008	0.02		
SG6	11.3	571	8.6	6.1	0.2	0.004	0.003	0.03		
SG7	12.0	465	8.5	0.62	0.013			0.02		
SG8	12.4	454	8.4	0.08	0.003					
SG9	12.8	453	8.4	0.24	0.005					
SG10	12.5	476	8.6	0.06						

Bei den **Oberflächenwässern** handelt es sich um mittelharte, schwach basische Hydrogenkarbonatwässer (VOIGT 1990). Die Leitfähigkeiten schwanken zwischen 434 und 570 µS/cm, Nitrat- und Ammoniumwerte deuten nur auf geringe anthropogene Beeinträchtigungen hin. Die Beurteilung der Wasserqualität wurde nach ÖNORM / M 6250 „Anforderung an die Beschaffenheit des Trinkwassers" durchgeführt. Die dort festgelegten Grenzwerte für Schwermetalle wurden bei keiner Probe überschritten.

Die Bewertung der **Gewässersedimente** (Tab. 4) wurde nach dem von MÜLLER 1981 entwickelten Geoakkumulationsindex (I_{geo}) vorgenommen. Dieser Index vergleicht die Höhe der Belastung eines Sediments mit präzivilisatorischen Grundwerten.

$I_{geo} = \log_2 (c_n/1{,}5B_g)$

I_{geo} = Geoakkumulationsindex

c_n = gemessene Konzentration in Sedimentprobe

B_g = geochemischer Background

1,5 = Korrekturfaktor

Tab. 4: Bewertung der Proben des Stübingbaches nach dem Geoakkumulationsindex (MÜLLER 1981): I_{geo}-Klasse 0 = praktisch unbelastet, 1 = unbelastet–mäßig belastet, 2 = mäßig belastet, 3 = mäßig–stark belastet, 4 = stark belastet, 5 = stark–übermäßig belastet, 6 = übermäßig belastet

Probe	Cd	Co	Cu	Cr	Ni	Pb	Zn
SP2	1	1	1	1	0	3	1
SP3	3	1	1	0	0	6	4
SP4	1	0	1	1	0	5	3
SP5	1	0	0	1	0	2	0
SP6	2	2	0	0	1	1	5
SP7	1	1	2	1	1	3	3
SP8	1	0	1	1	0	2	1
SP10	1	0	0	0	0	2	1

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Die Bewertung erfolgt in 7 Igeo-Klassen, von praktisch unbelastet (0) bis übermäßig belastet (6). Als Backgroundwert wurden die Schwermetallkonzentrationen einer Probe (SP1 in Abbildung 4), in deren Einzugsgebiet keine Pb-Zn-Bergbaue bekannt sind, herangezogen. Die Ergebnisse sind in Tab. 4 dargestellt. Belastungen konnten nur bei wenigen Proben vor allem bei den Schwermetallen Pb und Zn nachgewiesen werden.

5. Bewertung der Risikofaktoren

Bei der Bewertung des Risikofaktors Boden werden nicht nur die gemessenen Schwermetallkonzentrationen herangezogen, sondern auch die anderen gemessenen Bodenparameter (siehe Abb. 3) werden berücksichtigt, da diese für die Verfügbarkeit der Schwermetalle von Bedeutung sind. Die pH-Werte der Blei-Zink-Halden liegen im basischen bis schwach sauren Bereich, nur die Werte des Haldenbodens des Pyritbergbaues sind im sauren Bereich. Der organische Kohlenstoffanteil ist bei allen Halden hoch (Mittelwert der oberen Ludwigstollenhalde: 17.7%). Als Erstabschätzung weisen diese Daten eher auf eine starke Bindung der Schwermetalle im Boden hin, als auf eine hohe Verfügbarkeit: ungeachtet nicht vorhandener, detaillierter Untersuchungen über die Bioverfügbarkeit der Schwermetalle sind jedoch Haldenböden mit so hohen Konzentrationen grundsätzlich als potentielle Risikofaktoren einzustufen.

Die Bewertung der einzelnen Halden erfolgt unter Berücksichtigung aller Risikofaktoren.

Silberberghalde (Halde 1, Abb. 3)

Obwohl auf der Halde vorwiegend Taubmaterial vorhanden ist, spiegeln sich in den gemessenen Schwermetallkonzentrationen die Hauptparagenesen der Vererzung wider. Die im Haldenbereich ermittelten Schwermetallgehalte stellen eine potentielle Belastung für den sich bildenden Boden dar, vor allem die Elemente Cd, Pb, und Zn zeigen in einigen Proben extrem hohe Gehalte (siehe Tab. 2). Auch die anderen Schwermetallkonzentratio-

Abb. 3: Silberberghalde

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

nen weisen bedenklich hohe Werte auf, so liegt z.B der Maximalwert für Chrom bei 374 ppm. Um diese Konzentrationen bezüglich ihrer Gefährlichkeit bewerten zu können, werden sie mit den Grenzwerten der Klärschlammverordnungen (1987) verglichen, da es für Böden in Österreich noch keine einheitlichen Grenzwerte gibt. Ein differenzierteres System zur Beurteilung von Schadstoffgehalten in Böden stellen die nutzungs-und schutzgutbezogenen Orientierungswerte nach Eikmann-Kloke (Eikmann & Kloke 1993) dar. Die Konzentrationen von Cd, Pb, Zn in den Proben der Silberberghalde übersteigen diese Werte um ein Vielfaches. Der Grenzwert für Blei liegt bei 100 mg/kg nach der Klärschlammverordnung, nach dem Eikmann-Kloke Beurteilungssystem liegt der Toxititätswert für nicht-agrarische Ökosysteme bei 2000 mg/kg (siehe Tab. 5). Die höchsten gemessenen Konzentrationen von Blei in der Silberberghalde liegen jedoch bei 6350 ppm (siehe Tab. 2). Die Schwermetalle Cd und Zn zeigen ebenso Konzentrationen, die ähnlich hohe Überschreitungen anzeigen. Die Emissionsgefahr der Schwermetalle Cd, Pb und Zn über den Pfad Boden ist durch das Fehlen einer abdeckenden Bodenschicht und des dadurch möglichen Austrages von feinem Haldenmaterial durch Windverfrachtung groß. Die Nutzung des Haldenmaterials zur Wegeschotterung und Geländebegleichung erscheint im Hinblick auf die gemessenen Schwermetallkonzentrationen als gefährlich, da dadurch großräumig schwermetallreiche Emittenten verbreitet werden können.

Knapp vor der Mündung des Brandnerbaches, der unter der Silberberghalde vorbeifließt, in den Stübingbach wurde sowohl das Wasser als auch das Bachsediment beprobt. Die Beprobung des Wassers ergab keine erhöhte Belastung mit Schwermetallen. Im Gegensatz dazu ließ sich bei den Sedimenten der Einfluß ehemaliger Bergbaugebiete nachweisen: In den Sedimenten des Brandnerbaches wurden höhere Konzentrationen an Schwermetallgehalten gemessen als in Sedimentproben des Stübingbaches, die aus nicht durch Bergbau beeinflußten Bereichen stammen. Die Bewertung der Sedimentprobe SP 2 ergibt einzig für Pb eine mäßig bis starke Belastung nach I_{geo}-Klassen, für die übrigen Elemente erfolgte die Einstufung in die Klasse unbelastet bis mäßig belastet.

Die Halde befindet sich in einem unverbauten Grünland bzw. Waldbereich. Da ständig Haldenmaterial entnommen wird, ändert sich die Form und Neigung der Haldenböschung. Die geplante Rekultivierung des Haldengeländes scheint im Hinblick auf die Stabilität des Hanges und des Erosionsschutzes als sinnvoll.

Guggenbach – Ludwigstollenhalde (Halde 2, Abb. 4)

Bei den Schwermetallen Cd, Pb und Zn wurden extrem hohe Konzentrationen festgestellt (siehe Tab. 2). Der gemessene Medianwert von Cd beträgt 21.5 ppm, von Blei 3078 ppm und von Zn 7052 ppm. Der Grenzwert nach der Klärschlammverordnung liegt für Cd bei 2 mg/kg, für Pb bei 100 mg/kg und für Zn bei 300 mg/kg. Die Toxitätswerte nach Eikmann-Kloke (siehe Tab. 5: Cd: 10 mg/kg; Pb: 2000 mg/kg; Zn: 600 mg/kg) werden weit überschritten. Demnach muß dieser Standort als kleinflächig stark anthropogen belastet eingestuft werden. Da auch die Bodenproben in der Umgebung des Haldenbereiches höhere Cd-, Pb- und Zn-Gehalte aufweisen, sollte eine detailliertere Untersuchung über den Austrag der Schwermetalle erfolgen. Weiters wären Versuche zur Abschätzung der Bioverfügbarkeit der Schwermetalle bzw. die Bestimmung der Schwermetallgehalte im Pflanzenaufwuchs wünschenswert, da nur mit diesen Daten das tatsächliche Gefahrenpotential dieses schwermetallkontaminierten Standortes festgestellt werden kann.

Im Abstrombereich der Oberen Ludwigstollenhalde befindet sich eine Quelle der öffentlichen Trink- und Nutzwasserversorgungsanlage der Marktgemeinde Übelbach. Eine notwendige Untersuchung des Quellwassers auf seinen Schwermetallgehalt steht noch aus.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

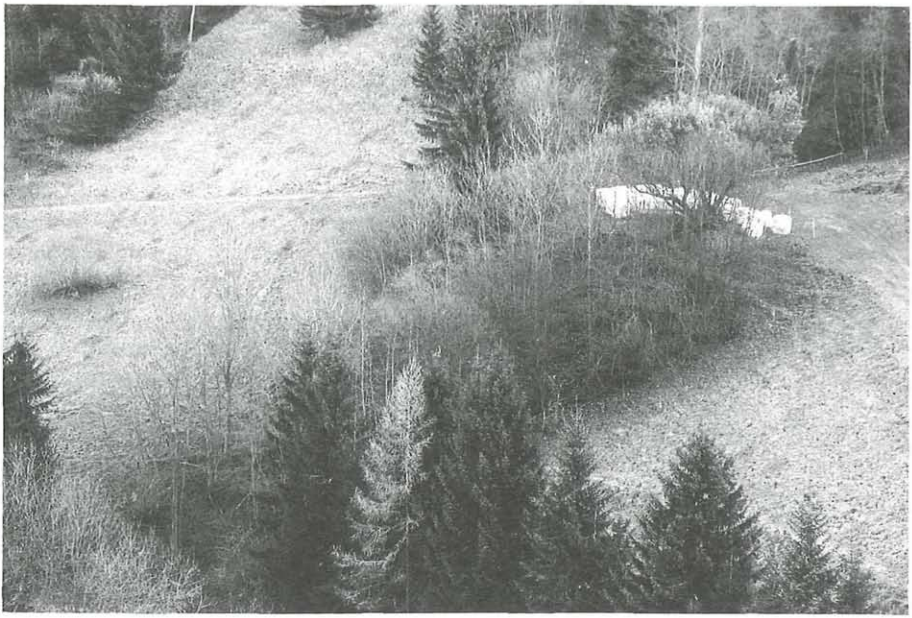

Abb. 4: Obere Ludwigstollenhalde

Halde des Pyritbergbaues Großstübing in der Siedlung Bergwerk (Halde 3, Abb. 5)

Die im Bereich des Grundstückes 1368/7 Gemeinde Großstübing untersuchten Bodenproben deuten auf keine nennenswerten Schwermetallbelastungen der Böden hin. Blei, Zink, Kadmium und Nickel weisen nur geringfügig erhöhte Werte auf (siehe Tab. 2). Die maximale Kadmiumkonzentration liegt über dem Toleranzwert des Eikmann-Kloke-

Abb. 5: Halde des Pyritbergbaues Großstübing, Siedlung Bergwerk

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Tab. 5: Ausgewählte nutzungs- und schutzgutbezogene Orientierungswerte für Schadstoffe in Böden (EIKMANN-KLOKE 1993)

Nr.	Nutzungsarten	BW	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
0	Multifunktionale Nutzungsmöglichkeit	BW I	1	30	50	50	40	100	150
1	Kinderspielplätze	BW II	2	30	50	50	40	200	300
		BW III	10	150	250	250	200	1000	2000
2	Haus- und Kleingärten	BW II	2	100	100	50	80	300	300
		BW III	5	400	350	200	200	1000	600
3	Sport- und Bolzplätze	BW II	2	30	150	100	100	200	300
		BW III	5	150	350	300	250	1000	2000
4	Park- und Freizeitanlagen	BW II	4	200	150	200	100	500	1000
		BW III	15	500	600	600	250	2000	3000
5	Industrie- und Gewerbeflächen	BW II	10	300	200	500	200	1000	1000
		BW III	20	600	800	2000	500	2000	3000
6	Landwirtschaftliche Nutzflächen Obst- und Gemüseanbau	BW II	2	200	200	50	100	500	300
		BW III	5	1000	500	200	200	1000	600
7	nichtagrarische Ökosysteme	BW II	5	200	200	50	100	1000	300
		BW III	10	1000	500	200	200	2000	600

Bewertungssystems für Haus-und Kleingärten (siehe Tab. 5). Die Blei-, Zink- und Nickelkonzentrationen liegen über dem Unbedenklichkeitswert aber unter dem Toleranzwert. Eine Gefährdung des Schutzgutes Boden ist nicht gegeben.

Die Halde ist gut konsolidiert und weist nur eine geringe Durchlässigkeit auf, der Abfluß erfolgt oberflächlich mit dem Stübingbach als Vorfluter. Eine Gefährdung des Grundwassers besteht nicht.

Die in den Stübingbach eingeleiteten Grubenwässer weisen zwar stark erhöhte Sulfat- und Fe-Werte auf, werden aber im Stübingbach rasch stark verdünnt; somit besteht keine Gefährdung der Oberflächenwässer.

Problematisch sind die Sedimente der Grubenwässer, da es bei Verbrüchen im Stollen zu einem vermehrten Austrag von Eisenoxiden in den Stübingbach kommt. Dies führte bereits in der Vergangenheit zu Problemen für die Fischereiwirtschaft, da es zu einer Ablagerung von Eisenhydroxid an den Kiemen der Fische führt und somit die Atmung unterbindet (STUNDL 1971). Die Gefahr von „Bergschäden" im Bereich der ehemaligen Stollen ist nicht gegeben. Die Halde selbst weist eine durchgehende Vegetationsdecke auf und ist gegen Erosion unter normalen Bedingungen ausreichend geschützt.

Die Halde des Pyritbergbaues Großstübing (Grst.Nr.:1368/7 Gemeinde Großstübing) ist als Baugrund gewidmet, auf dem bereits zwei Einfamilienhäuser gebaut wurden. Diese Bauten zeigen Setzungsrisse sowie Gipsausblühungen an den Kellerwänden. Aufgrund der Untersuchungen wurden Empfehlungen (Errichtung einer Ringdrainage und Verwendung von kalkarmen Zementen für das Fundament und die Kellerwände) ausgesprochen, die bei einer weiteren Bebauung zu berücksichtigen sind (WOLF 1998).

Halde des Blei-Zinkbergbaues „Hork" (Halde 4, Abb. 6)

Die Böden im Bereich der Halde des Blei-Zinkbergbaues „Hork" zeigen hohe Schwermetallgehalte, insbesondere bei den Elementen Blei, Zink, Kadmium (siehe Tab. 2). Die

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

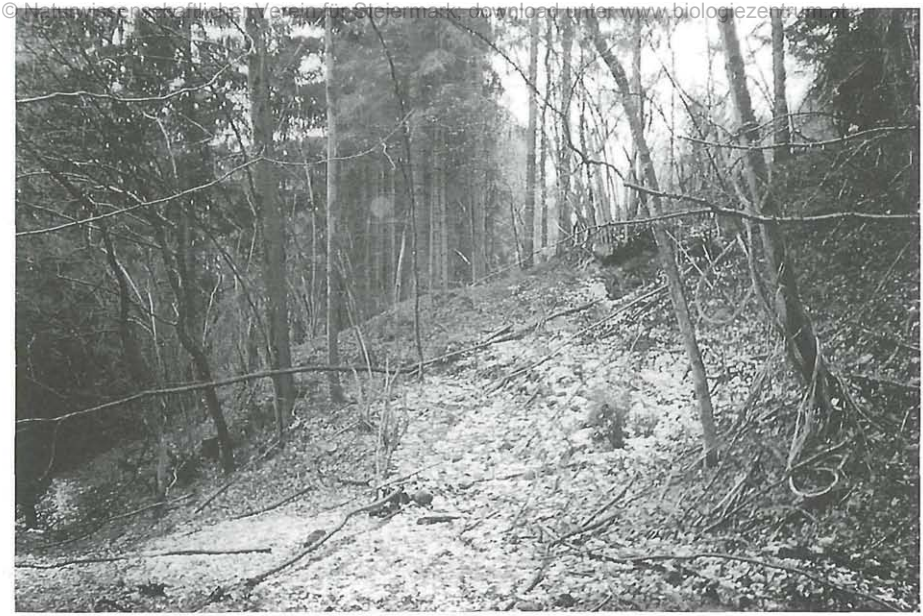

Abb. 6: Halde „Hork"

gemessenen Konzentrationen liegen im Größenbereich der Konzentrationen der Silberberghalde. Teilweise konnten auch Vegetationsschäden beobachtet werden. Sollte es zu einer Nutzungsveränderung der Flächen kommen, sind weiterführende Untersuchungen notwendig. Bei den westlich des Bergbaues liegenden Viehweiden wäre eine Kontamination möglich. Es ist aber nur ein sehr kleiner Flächenanteil betroffen, sodaß hier keine weiteren Untersuchungen erforderlich sind.

Die Halde selbst ist locker gelagert und weist eine entsprechend hohe Wasserdurchlässigkeit auf. Eine Anreicherung der Sickerwässer mit Schwermetallen und späterer Infiltration in den Horkbach wurde durch die gezogenen Wasserproben bestätigt. Diese Kontamination des Oberflächenwassers ist vor der Mündung des Stübingbaches, 300 m von der Halde entfernt, noch immer nachweisbar. Eine Verwendung des Baches direkt unterhalb der Halde als Viehtränke ist als bedenklich einzustufen. Zu Trinkwasserzwekken genutzte Quellen liegen nicht im Nahbereich der Halde. Sollte eine Fassung der Quellen in der Nähe der Halde geplant sein, sind Untersuchungen der Schwermetallbelastungen dieser Quellen notwendig.

Problematisch sind die stark kontaminierten Sedimente des Horkbaches, insbesonders im Bereich des Schuttkegels im Stübinggraben. Da in diesem Bereich eine Kleingartennutzung besteht, sind hier Untersuchungen des Schwermetallgehaltes der Nutzpflanzen angezeigt.

Die Bildung von mehreren kleineren Schacht- bzw. Stollenpingen wirkt sich nur im unmittelbaren Nahbereich des ehemaligen Einbaues aus. Die Auswirkungen sind jedoch kleinräumig. Eine unmittelbare Gefährdung in der Nachnutzung dieser Bereiche besteht nicht.

Die Halde reicht bis in den Horkbach, durch Erosion kommt es immer wieder zu kleinen Rutschungen. Das Geschiebepotential ist zwar hoch, allerdings ist das Einzugsgebiet des Horkbaches in diesem Bereich zu klein, als daß es hier zu einem größeren Transport an Material kommen könnte.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

6. Schlußfolgerungen

Diese Daten aus dem Grazer Paläozoikum zeigen die Problematik der Abschätzung des Gefahrenspotentials von historischen Bergbaustandorten sehr deutlich. Nur komplexe und alle Umweltmedien einschließende Untersuchungen ermöglichen eine Abschätzung des tatsächlichen Gefährdungspotentials, das von Schwermetallbelastungen der Böden, des Wassers und der Sedimente bis hin zu Rutschungs- oder Setzungsschäden und in weiterer Folge zu Gebäudeschäden reichen kann.

Die untersuchten Halden im Bereich Großstübing und Guggenbach zeigen im wesentlichen ähnliche Belastungsgefahren aufgrund der gleichen regionalgeologischen Situation. Trotzdem weist jede der Halden unterschiedliche spezielle Eigenschaften auf (Bodenbeschaffenheit, Gewässersituation, Nachnutzung), sodaß jede Halde nur aufgrund detaillierter Beprobungen zu bewerten ist: die Ludwigstollenhalde wird nach Eikmann-Kloke (1993) als stark belastet eingestuft, wobei eine der Hauptgefahren in der Nutzung einer im Abstrombereich der Halde liegenden Quelle für die Trinkwasserversorgung der Marktgemeinde Übelbach liegt. Die Silberberghalde mit ihren hohen Schwermetallgehalten kann aufgrund ihrer Lage in einem überwiegend forstwirtschaftlich genutzten Gebietes und ohne Nachnutzung als wenig gefährlich eingestuft werden. Problematisch erscheint die Verwendung des Haldenmaterials als Schütt- und Baumaterial sowie der durch Erosion mögliche Austrag von feinkörnigem Haldenmaterial. Die Halde des Blei-Zinkbergbaues „Hork" ist aufgrund der kleinflächigen Dimension und der Lage in einem forstwirtschaftlich genutzen Gebiet ebenso als wenig gefährlich einzuschätzen. Materialverlagerungen im Zuge von Hochwasserereignissen auf die Böden in den Schwemmkegel unterhalb der Halde könnten sich in erhöhten Schwermetallgehalten auswirken. Da diese Fläche für Kleingärten genutzt wird, wäre eine Untersuchung der Nutzpflanzen angebracht. Die Halde des Pyritbergbaues Großstübing stellt nicht wegen ihres Stoffinhaltes eine Gefahr dar, sondern aufgrund ihrer Nachnutzung als Bauland. Das Gebiet ist nur unter Einhaltung bestimmter Maßnahmen als Baugrund geeignet.

Diese Beispiele aus dem Grazer Paläozoikum zeigen die potentiellen Risikofaktoren von Bergbauhalden für die Umweltmedien Boden, Wasser, Sediment und in weiterer Folge auch für den Menschen. Daher sollten der Nachnutzung von Halden oder der Nutzungsänderung immer solche Risikountersuchungen vorangehen und die Verwendung der Halden auf die Ergebnisse abgestimmt sein. Einen generellen Trend über die Auswirkungen von ehemaligen Bergbaustandorten im Grazer Paläozoikum ist mit der detaillierten Untersuchung von 4 Halden sicher nicht möglich, in Proske (1999) sind jedoch 10 große Bergbaureviere des Grazer Paläozoikums untersucht, die eine umfassendere Abschätzung der Situation im Grazer Paläozoikum zulassen.

Danksagung

Für die Analysen der Wasserproben danken wir Frau Mag. C. Talaber und Herrn Dr. H. Schmölzer von der Grazer Stadtwerke AG. Sehr hilfreich waren die Unterlagen über die Prospektionstätigkeiten der Bleiberger-Bergwerks-Union AG, zur Verfügung gestellt von Herrn Dr. G. Hübl. Bei Herrn Mag. H. Proske bedanken wir uns für die Bereitstellung des Berichtes des Joanneum Research. Herrn Dr. O.A.R. Thalhammer danken wir für die kritische Durchsicht des Manuskripts.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Literatur

ANONYMUS 1987: Verordnung der Steiermärkischen Landesregierung vom 14. 12. 1987 über Aufbringung von Klärschlamm auf landwirtschaftlich genutzte Böden (Klärschlammverordnung).

BAUMGARTNER I. 1992: Geschichte der Blei-Zinkbergbaue des Grazer Paläozoikums von 1860–1928. – Unveröff. Dipl.-Arb. Univ. Graz.

BLUMENSTEIN O., SCHACHTZABEL H., BARSCH H., BORK H.R. & KÜPPERS U. 2000: Grundlagen der Geoökologie – Erscheinungen und Prozesse in unserer Umwelt. – Berlin, Springer Verlag. 260 S.

BRUNNER A., FEITZINGER G. & GÜNTHER W. 1998: Bergbau- und Hüttenaltstandorte im Bundesland Salzburg. – Amt der Salzburger Landesregierung, Abt.16.

EIKMANN T H. & KLOKE A. 1993: Nutzungs- uns schutzgutbezogene Orientierungswerte für (Schad-) Stoffe in Böden – Eikmann-Kloke-Werte., 2. überarb. und erw. Fassung. – BoS 14, Lfg. X/93 Berlin, 1–26.

FLÜGEL H. 1953: Geschichte, Ausdehnung und Produktion der Blei-Zinkabbaue des Grazer Paläozoikums–III. Die Baue zwischen Groß-Stübing und Rabenstein. – Berg- und Hüttenmännische Monatshefte 98: 61–68.

FLÜGEL H. W. & NEUBAUER F. 1984: Geologische Karte der Steiermark, Erläuterungen zur Geologischen Karte der Steiermark 1:200.000. – Verlag der Geologischen Bundesanstalt.

FLÜGEL H. W. & HUBMANN B. 2000: Das Paläozoikum von Graz: Stratigraphie und Bibliographie. – Österreichische Akademie der Wissenschaften.

FRANKEN G. & UTERMANN J. 1999: Die Anwendung des Bundes-Bodenschutzgesetzes für die Gefährdungsabschätzung am Beispiel des Pfades Boden-Grundwasser. – Z. angew. Geol. 45: 213–217.

LATAL C. 1998: Umweltgeologische Untersuchungen an ausgewählten Bergbaustandorten des Grazer Paläozoikums (Großstübing, Guggenbach). – Unveröff. Dipl.-Arb. Univ. Graz.

LATAL C., WOLF C. & FENNINGER A. 1998: Bergbauhalden – Ein Risiko für die Umwelt-Hydrochemische, geochemische und geotechnische Untersuchungen an ausgewählten Bergbauhalden des Grazer Paläozoikums. – In: Tagungsband der 4. Arbeitstagung des Bereiches Umwelt, Erdwissenschaftliche Aspekte des Umweltschutzes (Hrsg. ÖPFZ Arsenal, Wien), 233–239.

MÜLLER G. 1981: Die Schwermetallbelastungen des Neckars und seiner Nebenflüsse – eine Bestandsaufnahme. – Chemiker Zeitung 105: 157–164.

PROSKE H. 1999: Umweltgeologische Aspekte historischer Bergbau- und Hüttenstandorte in der Steiermark. – Joanneum Research, Institut für Umweltgeologie und Ökosystemforschung, Projekt-Nr.: UMW.97.004–01/StU85.

SALOMONS W., FÖRSTNER U. & MADER P. (Eds.) 1995: Heavy Metals – Problems and Solutions. Berlin, Springer Verlag. 412 S.

SCHERMANN A., SCHEDL 1994: Erhebung und Bewertung ehemaliger Bergbau- und Hüttenstandorte hinsichtlich Risiko- und Folgenutzungspotentials-Haldenkataster. – Projekt ÜLG 36/93, Projektbericht der Geologischen Bundesanstalt.

STUNDL K. 1971: Wirkung der Beizereiabwässer der Eisenindustrie auf Vorfluter in Abwasserfragen aus Bergbau und Eisenhütte; Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung. – Amt der Steiermärkischen Landesregierung 18: 29–25.

WEBER L. 1990: Die Blei-Zink Lagerstätten des Grazer Paläozoikums und ihr geologischer Rahmen. – Archiv für Lagerstättenforschung (GBA), 12.

WEBER L. 1997: Die metallogenetischen Einheiten Österreichs. – In: Handbuch der Lagerstätten der Erze, Industrieminerale und Energierohstoffe Österreichs, Archiv für Lagerstättenforschung (GBA), 341–345.

WOLF C. 1998: Bergbauhalden – ein Risiko für die Umwelt? Umweltgeologische Untersuchungen an ausgewählten Standorten im Grazer Paläozoikum (Großstübing/Wartkogel). – Unveröff. Dipl.-Arb. Univ. Graz.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark

Jahr/Year: 2000

Band/Volume: 130

Autor(en)/Author(s): Latal Christine, Wolf Christian, Fenninger Alois

Artikel/Article: Bergbauhalden - Gefährdung für die Umwelt? 5-18