



BODENSCHUTZBERICHT

1999

Potentielle Kontaminationsflächen in der Steiermark



Historischer Bergbau



Industrie



Tontaubenschießanlagen



Verkehr



Vorwort

Der vorliegende Bodenschutzbericht 1999 - er ist der zwölfte seiner Art - stellt einen Kontrapunkt zum Bericht des Jahres 1998 dar. Damals wurden die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen im 4x4 km Raster präsentiert, wobei durch die objektive Standortauswahl ein möglichst repräsentatives Bild des Bodenzustandes der Steiermark angestrebt wurde.



Nun wurde, basierend auf den Erkenntnissen vorangegangener Untersuchungen versucht, jene Flächen der Steiermark zu erfassen, wo die größten Schadstoffgehalte zu erwarten sind. Zu diesem Zweck wurden Untersuchungsstandorte in ehemaligen Bergbauzentren, in Industrieregionen, nahe von stark befahrenen Straßen und an Tontaubenschießanlagen eingerichtet.

Die untersuchten potentiellen Kontaminationsflächen stellen in der landwirtschaftlichen Produktionsfläche unseres Landes einen zwar kleinen Anteil dar, liefern aber als „worst-case-Modell“ wichtige Aussagen über die generelle Belastbarkeit von Böden und sind uns ein Mahnmal für die Notwendigkeit des Schutzes unserer Lebensgrundlage Boden.

Den Ausführungen des Berichtes vorweggenommen sei das Ergebnis, dass es trotz teils massiver Bodenbelastungen erfreulicherweise nur selten zu einem nennenswerten Schadstofftransfer der Schwermetalle in die Pflanzen kommt und so eine Gefährdung von Mensch und Tier nach dem derzeitigen Stand der Untersuchungen weitestgehend ausgeschlossen werden kann.

Dennoch sind weitere periodische Untersuchungen ebenso unerlässlich, wie eine genaue flächenhafte Abgrenzung der gefundenen Belastungen (derzeit in Arbeit). Die Ergebnisse dieser Arbeiten werden als Basis für weitere Maßnahmen zum Schutz der steirischen Böden herangezogen werden.

Inhaltsangabe

Bodenschutzbericht 1999		Seite
Potentielle Kontaminationsflächen in der Steiermark		
1. Allgemeines		2
	Gesetzliche Vorgabe und Zielsetzung	2
	Probennahme	4
	Kriterien für die Interpretation der Untersuchungsergebnisse	5
	Richtlinien zur Beurteilung von Schwermetallen in Pflanzenproben	6
	Abschätzung der Herkunft von Schadstoffen	7
	Suszeptibilitäts-Messungen in der Steiermark	8
	Analysengenauigkeit	10
2. Bodenbelastung in historischen Bergbaugebieten		12
	St. Blasen - Karchau, Kothgraben und Straßegg	13
	Raum Schladming	26
	Walchen bei Öblarn	35
	Johnsbach und Radmer an der Hasel	37
	Kalwang	40
	Oberzeiring	42
	Arzwaldgraben, Rabenstein und Deutschfeistritz	49
	Arzberg - Haufenreith	57
	Frauenthal	64
3. Industriestandorte in der Steiermark		66
	Eisenverarbeitende Industrie in der Obersteiermark	66
	Wolframhütte Bergla	73
	Magnesitwerk Trieben	75
	Zementwerk Peggau	77
	Zementwerk Retznei	79
	Hartsteinbruch Preg	80
	Kanzelsteinbruch bei Graz	82
4. Bodenbeeinflussung durch den Straßenverkehr		83
5. Bodenbelastung an Tontaubenschießplätzen		89
Zusammenfassung		95
Verwendete Literatur		101
Erläuterung der Abkürzungen		102
Impressum		103

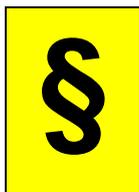
Bodenschutzbericht 1999

Potentielle Kontaminationsflächen in der Steiermark

1. Allgemeines

Gesetzliche Vorgabe und Zielsetzung

Das Steiermärkische landwirtschaftliche Bodenschutzprogramm hat das **Ziel**, ein für die Beurteilung des durch Schadstoffeintrag, Erosion und Verdichtung gegebenen Belastungsgrades landwirtschaftlicher Böden geeignetes ständiges Netz von Untersuchungsstellen zu schaffen und dort laufend Zustandskontrollen durchzuführen.



Der gesetzliche Auftrag dazu erfolgte 1987 durch das **Steiermärkische landwirtschaftliche Bodenschutzgesetz** (LGBl. Nr. 66 / 1987) und die **Bodenschutzprogrammverordnung** (LGBl. Nr. 87 / 1987).

In diesem Sinne wurden in einer 1. Untersuchungsphase in den Jahren 1986 – 1989 in der Steiermark 119 Untersuchungsstandorte (Nichttraster) eingerichtet.

1990 – 1997 erfolgten 392 zusätzliche Untersuchungen im vom Bund vorgeschlagenen 4x4 km – Rasterystem (2. Untersuchungsphase).

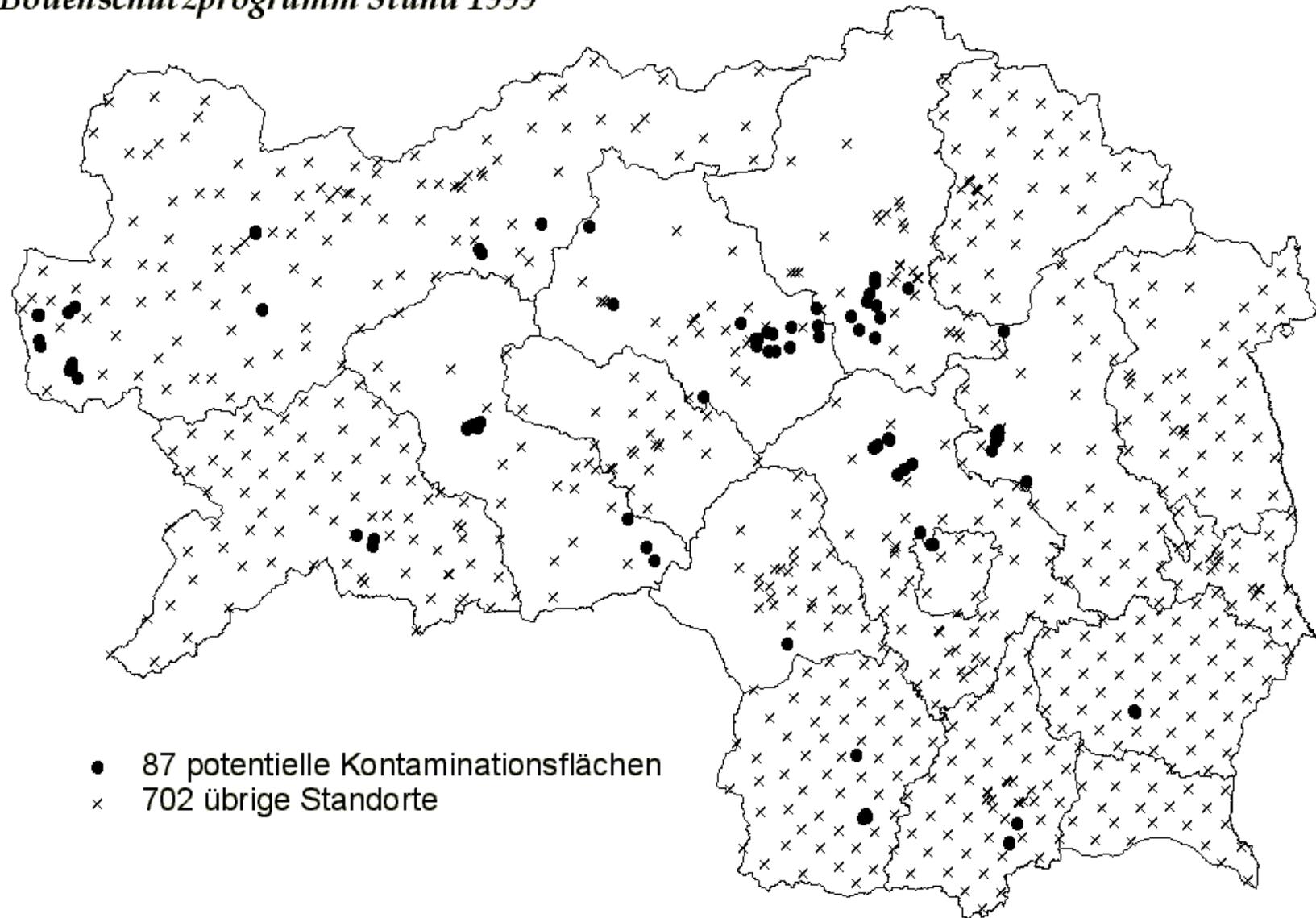
Seit 1997 (vereinzelt auch schon 1990 – 1992) werden weitere Nichttrasterstandorte eingerichtet, mit dem Ziel ein aussagekräftiges, flächendeckendes Untersuchungsnetz in der Steiermark zu schaffen (3. Untersuchungsphase).

Der vorliegende Bericht behandelt die Untersuchung von 87 Standorten, welche 1997/98 an Stellen mit Verdacht auf Bodenbelastungen eingerichtet wurden.

Dabei wurden gezielt landwirtschaftlich genutzte Flächen ausgewählt, wo eine hohe Schadstoffbelastung (worst-case-Modell) zu vermuten war. Zusätzlich erfolgte zur Klärung einiger Fragestellungen die Beprobung als unbelastet angenommener Kontrollflächen. Bei der Interpretation der Ergebnisse werden im Bericht fallweise auch die Daten älterer Untersuchungsstandorte mitberücksichtigt.

Die nachfolgende Karte zeigt die Lage der gegenständlichen Untersuchungsstandorte (potentielle Kontaminationsflächen) im Verband der übrigen Punkte des Bodenschutzprogrammes.

Bodenschutzprogramm Stand 1999



Probennahme

Das Steiermärkische landwirtschaftliche Bodenschutzprogramm sieht vor, dass die Untersuchungsstandorte im ersten Jahr in mehreren Bodenhorizonten untersucht werden und dass im Folgejahr der Erstuntersuchung zur Absicherung der Ergebnisse eine Kontrollanalyse des Oberbodens stattfindet.

Auf diese Weise wurden bisher 789 Standorte eingerichtet und 2.302 Bodenproben untersucht.

Geländearbeit:

Die Probennahmefläche stellt einen Kreis von 10 m Radius dar, dessen Mittelpunkt exakt vermessen und markiert wird. Bei der **Erstprobennahme** werden aus 4 Profilgruben des Kreises an den Stellen der Haupthimmelsrichtungen Proben aus meist 3 Bodenhorizonten entnommen (Acker: 0-20, 20-50, 50-70 cm und sonstige Flächen: 0-5, 5-20, 20-50 cm).



Die 4 Einzelproben eines Bodenhorizontes werden zu einer Mischprobe vereint. Der Bodenkundler erstellt eine bodenkundliche Profilbeschreibung und erhebt geländespezifische Daten (Neigung, Morphologie, Wasserverhältnis, etc.).

Bei der **Wiederholungsprobennahme** im darauffolgenden Jahr wird an den Stellen der 4 Nebenhimmelsrichtungen am Probennahmekreis eine Probe des Oberbodens entnommen.

Auswahl der Untersuchungsstandorte:

Die Auswahl der als „potentielle Kontaminationsflächen“ untersuchten Standorte hat natürlich nur Stichprobencharakter und erhebt keineswegs Anspruch auf eine landesweit vollständige Erhebung von Bodenbelastungen in der Steiermark.

Kriterien für die Interpretation der Untersuchungsergebnisse

Obwohl das Hauptaugenmerk der Untersuchungen dem Thema „potentielle Kontaminationsflächen“ entsprechend auf der Analytik der Schadstoffe liegt, wurden routinemäßig auch die allgemeinen Bodenparameter und Nährstoffe mituntersucht. Als Grundlage gelten hier die „Richtlinien für sachgerechte Düngung“ (4. Auflage, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, 1996). Die Grundstücksbesitzer bzw. Pächter der Untersuchungsstandorte werden schriftlich von den sie betreffenden Ergebnissen informiert.

Das wichtigste Beurteilungskriterium für die Diskussion der Schwermetalle sind die aus den Ergebnissen der Rasteruntersuchungen (Bodenschutzbericht 1998) abgeleiteten **Normalwerte**.

Die derzeit gesetzlich festgelegten Grenzwerte haben sich bei der Erkennung von Umweltbelastungen und geogenen Anomalien als nicht geeignet erwiesen. An Standorten mit Grenzwertüberschreitungen erfolgten jedoch laut Bodenschutzgesetz Pflanzenuntersuchungen.

Richtwerte zur Beurteilung der Schwermetallgehalte in Böden:

Richtwerte (mg/kg)	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mo	Cd	Hg	As
Grenzwert	100	300	100	100	60	50	10	2	2	(20)
Normalwert	50	140	30	80	60	30	1,5	0,30	0,25	40

Zum Thema Richtwerte für Schwermetalle:

Die Definition von Normalwerten für alle Schwermetalle ist eine der wesentlichsten Erkenntnisse der bisherigen Untersuchungen, da es erst dadurch möglich wurde Umweltbelastungen und geogene Extremwerte von naturgegebenen, üblichen Bodengehalten in der Steiermark zu unterscheiden. Mit den bisher verwendeten gesetzlich festgelegten Grenzwerten war dies nicht, oder nur sehr unzureichend möglich.

Weiters muß angemerkt werden, dass die Überschreitung eines Richtwertes für Bodengehalte – egal ob es sich um die gesetzlichen Grenzwerte, oder die neu definierten Normalwerte handelt – **nicht** zwangsläufig eine **Gefährdung** von Mensch und Tier bedeutet. Derartige Aussagen sind **nur** über Wasser-, Pflanzen- bzw. Lebensmitteluntersuchungen möglich.

Für die Interpretation der Gehalte an organischen Schadstoffen und an Fluor werden die bisher erworbenen Erkenntnisse vorangegangener Untersuchungen (Bodenschutzbericht 1998) herangezogen.

Richtlinien zur Beurteilung von Schwermetallen in Pflanzenproben:

Bei Grasproben wurden entsprechend der gesetzlichen Vorgabe wenn möglich zwei Schnitte untersucht, bei Getreideproben 2-3 verschiedene Pflanzenteile.

Zur Bewertung der Ergebnisse werden folgende als "normal" angesehenen Orientierungswerte für Schwermetallgehalte in Pflanzen (laut "Lehrbuch der Bodenkunde" von Scheffer und Schachtschabel, 1984) herangezogen (Angaben in mg/kg Trockensubstanz):

As	0,1 - 1	Cu	3 - 30
Pb	0,1 - 6	Cr	0,1 - 1
Ni	0,1 - 3	Cd	0,05 - 0,4
Zn	10 - 100	Hg	0,002 - 0,04

Für die beiden Elemente **Kobalt** und **Molybdän** sind keine Richtwerte bekannt, außer dass Weidefutter zur Vermeidung von Kobaltmangel mindestens 0,08 mg/kg Kobalt in der Trockensubstanz aufweisen sollte.

Die bisherigen Untersuchungen zeigen jedoch, dass Grasproben üblicherweise Schwermetallgehalte unter 0,4 mg/kg Kobalt und weniger als 3 mg/kg Molybdän aufweisen. Die Gehalte in Obst- und Getreideproben liegen noch niedriger.

Weitere Beurteilungsgrundlagen:

- Futtermittelverordnung 2000 (As, Pb, Cd, Hg): mg/kg in der Trockensubstanz

Arsen:	Alleinfuttermittel	2,27
Blei:	Grünfutter	45,45
	Alleinfuttermittel	5,68
Cadmium:	Alleinfuttermittel (Rinder, Schafe, Ziegen) außer Alleinfuttermittel (Kälber, Lämmer, Ziegenlämmer)	1,14
	Andere Alleinfuttermittel außer Heimtiere	0,57
Quecksilber:	Alleinfuttermittel außer Hunde, Katzen	0,11

- Lebensmittel-Richtwerte:

Hier werden fallweise für konkrete pflanzliche Produkte (z. B.: Weizenkörner, Roggenkörner, Kartoffeln, diverse Gemüse- und Obstsorten) und zu speziellen Schwermetallen (Pb, Cd, Hg) Richtwerte angeführt.

Durch Vergleich dieser Orientierungswerte mit den gefundenen Pflanzengehalten lässt sich feststellen, dass es sowohl an Standorten mit erhöhten Schwermetallgehalten im Boden als auch bei unbelasteten Kontrollböden fallweise zu Schwermetallgehalten in den Pflanzen über den Orientierungswerten kommt.

Abschätzung der Herkunft von Schadstoffen

Die Schwermetallgehalte im Boden setzen sich aus einem geologisch bedingten, gebietsspezifischen, natürlichen Background (der durchschnittliche Bodengehalt in der Steiermark wurde als Normalwert angenommen) und einem vom Menschen verursachten anthropogenen Anteil zusammen.

Auf den potentiellen Kontaminationsflächen in der Nähe von Emitenten ist mit einem erhöhten anthropogenen Anteil zu rechnen. Dieser kann an solchen Standorten durchaus Extremwerte erreichen.

Anthropogene Schadstoffe werden meist nach ihrem Eintrag in den Oberboden an den Humus und an Bodenpartikel gebunden. Ob und in welchem Ausmaß eine Tiefenverlagerung bzw. Pflanzenaufnahme erfolgt, hängt von der Verfügbarkeit respektive der Wasserlöslichkeit der Schadstoffe ab. Bei organischen Substanzen führen mit der Zeit auch Abbaumechanismen zu einer Verminderung der Schadstoffgehalte.

Bei Schwermetallen ist bekannt, dass der anthropogen eingetragene Anteil oft eine höhere Mobilität im Boden aufweist, als der natürlich vorkommende Grundgehalt. Trotzdem ist der im Boden verbleibende Anteil eingetragener Schadstoffe so groß, dass es bei andauernden Immissionen zu einer Kumulation der Schadstoffe kommt. Dadurch steigt der Schwermetallgehalt im Oberboden im Vergleich zu tiefer liegenden Bodenhorizonten an.

Diese Annahme ermöglicht es, durch eine einfache Differenzbildung der Gehalte in Ober- minus Unterboden den anthropogen eingetragenen Schadstoffanteil abzuschätzen.

Dies wurde im Bodenschutzbericht 1998 (Seite 86) an den 392 Rasterstandorten der Steiermark versucht. Der errechnete durchschnittliche anthropogene Eintrag für die einzelnen Schwermetalle beträgt ungefähr:

Schwermetalle	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mo	Cd	Hg	As
Anthropogener Anteil (in mg/kg Boden)	10	26	12	17	8	5	0,3	0,15	0,10	5

Bei den großflächig verbreiteten Elementen wie Blei und Cadmium spricht man von einer ubiquitären Belastung. Diesen Schadstoffen ist daher erhöhte Umweltrelevanz beizumessen. Auch die organische Schadstoffgruppe der polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAH) ist ubiquitär verbreitet.

Die oben angeführten Schätzwerte des anthropogenen Anteils an Schwermetallen sind Medianwerte der Belastungen an den nach objektiven Kriterien ausgewählten Rasterstandorten der Steiermark. Sie werden an den hier im Bericht besprochenen potentiellen Kontaminationsflächen oft um Zehnerpotenzen übertroffen.

Die Differenzierung zwischen anthropogenem und natürlichem Schwermetallanteil ist trotz allem ein Unsicherheitsfaktor bei der Verursachersuche und der flächenhaften Abgrenzung von belasteten Gebieten.

Im folgenden wird eine Untersuchungsmethode vorgestellt, welche in bestimmten Fällen eine einfache Lösung in der Verursacherfrage und bei der Abgrenzung von Bodenbelastungen verspricht.

Suszeptibilitäts-Messungen in der Steiermark

Die **magnetische Suszeptibilität** ist eine Stoffeigenschaft, welche in Bodenproben mit relativ einfachen Mitteln rasch zu bestimmen ist. Sie gibt Auskunft über den magnetisierbaren Anteil eisenhaltiger Partikel, welche wiederum Rückschlüsse auf Immissionen aus technogenen Prozessen zulassen.

Messungen der magnetischen Suszeptibilität von Bodenproben können sowohl unmittelbar im Feld, als auch an alten Archivproben durchgeführt werden. Der Vorteil der Meßmethode liegt im Vergleich zu chemischen Analysen in der mit geringem apparativen Aufwand raschen Durchführbarkeit.

Mit Hilfe derartiger Untersuchungen ist es möglich aus Bodenproben Hinweise auf anthropogene Schadstoffeinträge zu bekommen, oder eine Abgrenzung eines als belastet erkannten Gebietes vorzunehmen. Einzige Bedingung ist das Vorhandensein von magnetischen Partikeln im emittierten Material.

Gute Erfolge konnten mit dieser Meßmethode im Gebiet rund um die eisenverarbeitende Industrie der Obersteiermark, sowie beim Magnesitstandort in der Veitsch gewonnen werden.

Die Durchführung der Messungen erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Institut für Geophysik (Paläomagnetiklabor) der Montanuniversität Leoben im Rahmen des Bund/Bundesländer-Kooperations - Projektes StU 97/99 („Einsatz geophysikalischer Meßmethoden als ökonomische Indikatoren für geogene und anthropogene Schwermetallanreicherung in Böden der Steiermark“).

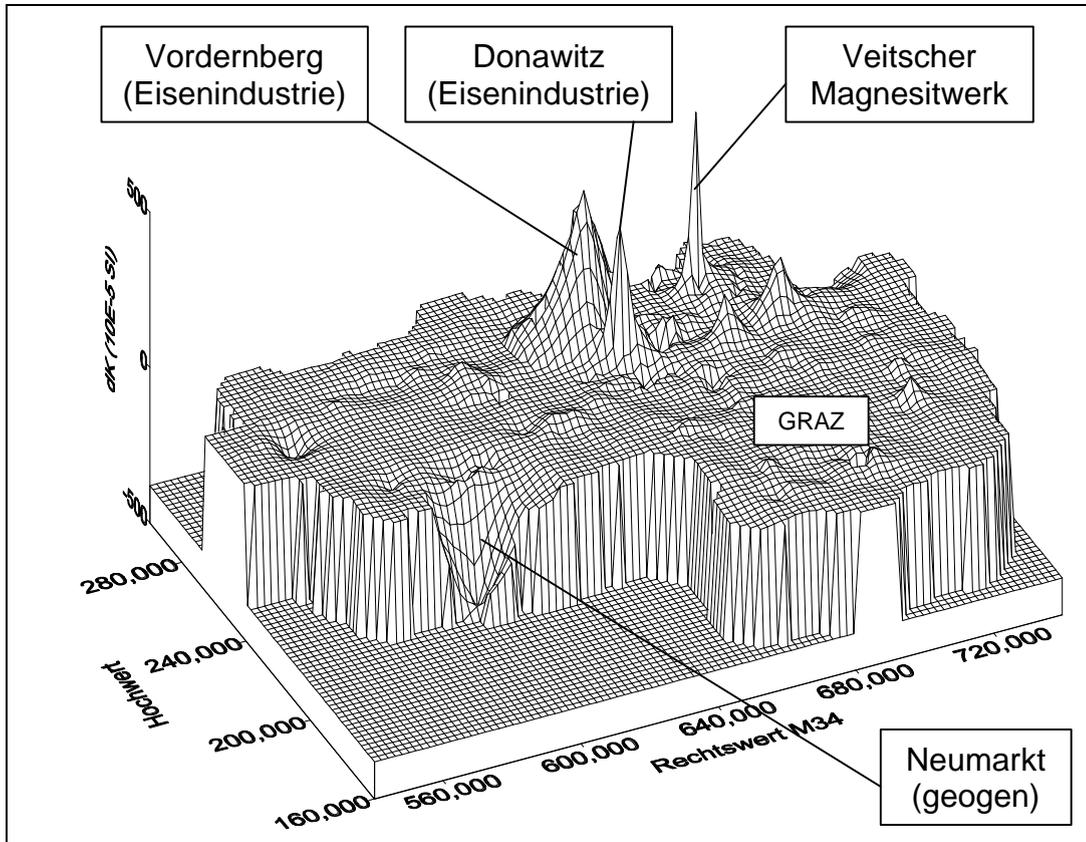
Die Auswertungen der Suszeptibilitäts-Messungen zeigen oft sehr gute Korrelationen mit den Analysendaten anderer in den Industrieemissionen enthaltener Schwermetalle.

Die nachstehende Karte zeigt die bisherigen Ergebnisse der Untersuchungen der Suszeptibilitäts-Messungen der Archivproben des steiermärkischen Bodenschutzprogrammes.

Das Bild zeigt eine Reliefdarstellung der Differenz der magnetischen Suszeptibilität aus den Meßwerten der Ober- und Unterböden in der Steiermark. Durch die Differenzbildung ist es möglich, anthropogene Einträge im Oberboden von geogenen Anomalien zu unterscheiden. Anreicherungen im Oberboden erscheinen als positiver Peak, geogen erhöhte Werte im Unterboden sind als Senke im Relief erkennbar (Neumarkter Sattelregion).

Man erkennt deutlich jene Gebiete (Eisen- und Magnesitindustrie) in der Steiermark, wo mit Hilfe einer Messung der magnetischen Suszeptibilität des Bodens eine flächenhafte Abgrenzung der Belastungen möglich ist.

Darstellung der Differenz der **magnetischen Suszeptibilität** (Ober- minus Unterboden) in den Böden der Steiermark:



Ebenfalls als "geogene Senke" erkennbar ist das alte Bergbaugebiet in der Region Schladming (links in der Reliefkarte).

Von den beiden kleineren Peaks nördlich von Graz dokumentiert die linke Erhebung die Umweltbelastungen des Magnesitwerkes in der Breitenau. Die Ursache der erhöhten Werte des rechten Peaks ist derzeit noch nicht geklärt.

Genauere Auswertungen der Untersuchungsergebnisse des eingangs zitierten Projektes (flächenhafte Messungen im Testgebiet Veitsch und im Raum Leoben-Donawitz) sind derzeit noch in Arbeit und werden in späteren Bodenschutzberichten präsentiert werden.

Analysengenauigkeit

Alle Analysenergebnisse sind naturgemäß mit einem **Analysefehler** behaftet. Dieser wurde aus den Ergebnissen der Rasteruntersuchungen (Bodenschutzbericht 1998) folgendermaßen berechnet:

Parameter	Einheit	Analysefehler
Humus	%	0,57
P2O5	mg/100g	2,83
K2O	mg/100g	4,24
pH-Wert	---	0,14
CaCO ₃ > 0	%	0,14
CaKat	mg/100g	22,63
MgKat	mg/100g	3,39
Kkat	mg/100g	3,54
NaKat	mg/100g	0,28
Mg	mg/100g	1,41
Bor	mg/kg	0,14
EDTA-Cu	mg/kg	0,71
EDTA-Zn	mg/kg	1,56
EDTA-Mn	mg/kg	31,11
EDTA-Fe	mg/kg	103,24
Fluor	mg/kg	0,11
Cu	mg/kg	3,25
Zn	mg/kg	6,93
Pb	mg/kg	2,69
Cr	mg/kg	4,81
Ni	mg/kg	2,55
Co	mg/kg	1,27
Mo	mg/kg	0,08
Cd	mg/kg	0,03
Hg	mg/kg	0,03
As	mg/kg	1,27
PAH-Summe	µg/kg	15,56
DDT	µg/kg	14,85

Jedes Analysenergebnis versteht sich daher in der Form:

Wert ± Analysefehler

Der Analysefehler kann in Ausnahmefällen jedoch deutlich größer sein als die oben aufgelisteten Durchschnittswerte. Dies fällt bei der Untersuchung dadurch auf, dass entweder die Gehalte der Erst- und Wiederholungsprobe schlecht übereinstimmen, oder dass die Einzelbestimmungen ein und derselben Probe stark streuen. Ursache sind meist Probeninhomogenitäten auf Grund von kleinräumigen Vererzungen.

Auch bei **Pflanzenproben** können „überhöhte“ Werte, welche zu Mißinterpretationen verleiten, auftreten.

Ursache sind meist am Pflanzenmaterial anhaftende Bodenpartikel, wie sie oft auf Weideflächen festzustellen sind. Auch Regenfälle können, wenn die Pflanzen ohne schützenden Auflagehumus direkt aus der Erde wachsen, derartige Verunreinigungen verursachen.

Möchte man auf rein wissenschaftlicher Basis den Schwermetalltransfer vom Boden in die Pflanzen studieren, so müßte man das Pflanzenmaterial vor der Analyse sorgfältig waschen.

Zur Abschätzung des Gefährdungspotentials ist es aber notwendig Pflanzen in dem Zustand zu untersuchen, wie sie vom Tier oder dem Menschen zu Nahrungszwecken verwendet werden. Ein Waschen der Pflanzenproben würde auch aktuelle Depositionen unberücksichtigt lassen und vorhandene Umweltbelastungen beschönigen.

Weitere Ursachen von Streuungen der Analysenergebnisse bei Pflanzenproben sind das Alter und die Zusammensetzung des zum Beispiel auf einer Grünfläche geworbenen Pflanzenmaterials.

Der **Analysenfehler** bei der Gehaltsbestimmung von Schwermetallen in Pflanzen beträgt etwa **± 20 %**.

Unerwartet ist auch das Ergebnis der „Studie über den Transfer von Schwermetallen unter besonderer Berücksichtigung von Arsen vom Boden in die Pflanzen am Beispiel ausgewählter Standorte in der Steiermark“ von Ao. Univ. Prof. Dr. Walter Kosmus (1999).

Es zeigte sich nämlich, dass junge Pflanzen (diverse Getreidesorten und Kartoffeln) höhere Arsen- oder Kupfergehalte aufweisen, als alte. Akkumulationen, wie sie von Pilzen bekannt sind, wurden nur für das Element Kupfer im Salat beobachtet.

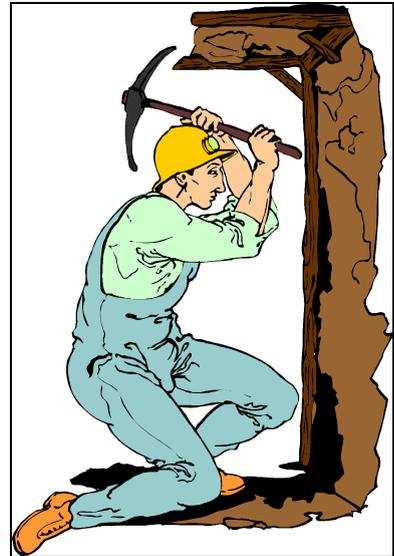
Zum Beispiel sinkt mit Zunahme der Biomasse der Arsengehalt in den reifen Pflanzen auf ein Fünftel des anfänglichen Gehaltes ab.

2. Bodenbelastung in historischen Bergbaugebieten

Da die bisherigen Untersuchungen des Bodenschutzprogrammes sehr häufig Bodenbelastungen auf Grund geogener Schwermetallgehalte aufweisen, muß man sich bei der Suche nach dem „Verursacher“ und der flächenhaften Abgrenzung der Belastungen mit den mineralogischen Naturgegebenheiten der Steiermark auseinandersetzen. Dabei zeigt sich, dass Vererzungen zwar häufig, aber meist kleinräumig vorkommen und bisher nur zufällig bei der Standortauswahl erfaßt wurden.

Die Schwermetallbelastungen werden im Oberboden zu meist durch anthropogene Einflüsse bei der Verhüttung und Weiterverarbeitung der Erze, welche üblicherweise in der Nähe der Vorkommen stattfand, überlagert.

Die im folgenden besprochenen Bergbautätigkeiten in der Steiermark sind heute schon lange eingestellt, ihre Anfänge reichen bis ins Mittelalter zurück.



Eine große Hilfe bei der Auffindung der Standorte historischer Bergbautätigkeit war der „Haldenkataster“ (Erhebung und Bewertung ehemaliger Bergbau- und Hüttenstandorte hinsichtlich Risiko und Folgenutzungspotentials) der Geologischen Bundesanstalt.

Als Untersuchungsfläche wurde stets die der Belastungsquelle (Vererzung, Halde, Aufbereitungsanlage, Schmelzofen, Verhüttungsareal) am nächsten gelegene landwirtschaftlich genutzte Fläche mit der vermutlich höchsten Belastung gewählt.

Folgende Gebiete wurden untersucht:

- St. Blasen - Karchau, Kothgraben und Straßegg
- Raum Schladming
- Walchen bei Öblarn
- Johnsbach und Radmer an der Hasel
- Kalwang
- Oberzeiring
- Arzwaldgraben, Rabenstein und Deutschfeistritz
- Arzberg – Haufenreith
- Frauenthal

St. Blasen – Karchau, Kothgraben und Straßegg

Die bisherigen Untersuchungen der Bodenschutzstandorte zeigen, dass die Böden hinsichtlich des Schadstoffes **Arsen** in der Steiermark verglichen mit den Bodenzustandsinventuren anderer Länder, welche wenig bis keinen Anteil am ostalpinen Bereich haben, deutlich höhere Gehalte aufweisen.

Die Ergebnisse an den 392 Rasterstandorten der Steiermark (Probennahmen 1990 – 1997/98) liefern Arsengehalte von 0,3 bis 414 mg/kg im Oberboden. Der **Mittelwert** liegt bei **15 mg/kg Arsen**.

Der derzeit **übliche Richtwert** für Böden lautet **20 mg/kg Arsen** und wurde in Gegenden ermittelt, welche von Natur aus deutlich niedrigere Arsengehalte aufweisen als der ostalpine Bereich.

Der aus den bisherigen Ergebnissen des steirischen Bodenschutzprogrammes ermittelte **Normalwert** lautet **40 mg/kg Arsen**. Dieser Normalwert ist als Obergrenze des durchschnittlichen, natürlichen Gehaltes von Arsen im Boden zu verstehen. Höhere Gehalte weisen auf geogene Anomalitäten und/oder Umweltbelastungen hin.

94 % (betrachtet man nur die Oberböden: 96 %) der Rasterstandorte liegen im Bereich natürlicher – in der Steiermark üblicher – Gehalte. Ihr Bodengehalt ist also kleiner als der Normalwert.

Bei den 22 über dem Normalgehalt liegenden Standorten kann auf Grund der Profilanalyse an 20 Punkten eine überwiegend geogene Herkunft des Arsens angenommen werden. An den Standorten **KNB 6** und **LIG 3** ist eventuell zusätzlich zum natürlichen Background ein anthropogener Einfluß möglich.

Dabei ist anzumerken, dass bei der Profilanalyse nur rein rechnerisch die Bodengehalte der einzelnen untersuchten Bodenhorizonte untereinander verglichen werden. Bei einer Zunahme der Schwermetallgehalte nach oben hin ist ein anthropogener Einfluß anzunehmen, ansonsten ist eine überwiegend geogene Herkunft der Schadstoffe gegeben.

Unter Annahme eines Richtwertes von 20 mg/kg Arsen wäre bei Betrachtung der 392 Standorte im 4x4 km Rastersystem etwa ein Viertel der Steiermark als belastet anzusehen. Den Ergebnissen der ersten 119 subjektiv ausgewählten Nichttrasterstandorte (1986 – 1989/90) nach sogar ein Drittel.

Auf Grund dieser ersten negativen Annahmen wurde eine großflächige Arsenbelastung vermutet und der Landeshygieniker mit der Erstellung eines Gutachtens zur Abklärung einer möglichen Gefährdung und der Klärung zur Herkunft des Schadstoffes beauftragt.

Im Gutachten „Schwermetalle in steirischen Böden“ (1993) und dem Folgeprojekt „Studie über den Transfer von Schwermetallen unter besonderer Berücksichtigung von Arsen vom Boden in die Pflanzen am Beispiel ausgewählter Standorte in der Steiermark“ von Ao. Univ. Prof. Dr. Walter Kosmus (1999) konnte an den fraglichen Standorten des Bodenschutzprogrammes die überwiegend geogene Herkunft des Arsens bestätigt und eine Gefährdung nach dem derzeitigen Wissensstand ausgeschlossen werden.

Bei der Herkunft des Arsen unterscheidet die Studie zwischen folgenden 3 Gruppen:

- Anthropogene Kontaminationen: Dies betrifft hauptsächlich den atmosphärischen Eintrag aus industriellen Prozessen, wobei die Gefährdung in der inhalativen Aufnahme und der unmittelbaren Deposition auf das Pflanzenmaterial liegt. Im Boden erfolgt rasch eine Oxidierung zu Arsenat und eine Fixierung an andere Bodenbestandteile, wodurch die Toxizität sinkt und die Pflanzenverfügbarkeit sehr gering gehalten wird.
- Vererzungen: Derartige Standorte sind Gegenstand dieses Berichtes. Hier kann es kleinräumig zu extremen Bodengehalten kommen, welche vor allem durch eine Bodenbearbeitung ein lokal hohes Gefährdungspotential besitzen.
- Eiszeitliche Sedimente: Während der Eiszeiten wurden arsenhaltige Erze vom Gletscher zerkleinert, weitertransportiert und vermengt mit anderem Gestein wieder großflächig abgelagert. Dabei und während der Bodenbildung erfolgte eine Oxidierung zu Arsenat. In diesen langen Zeiträumen wurde das Arsen auch gut im Boden fixiert, was die Mobilisierbarkeit des Schadstoffes unterdrückt. Der Großteil der bisher untersuchten Standorte fällt in diese Gruppe. Die bisherigen Pflanzenuntersuchungen bestätigen die geringe Verfügbarkeit des Arsen.

Zu ähnlichen Ergebnissen kommt eine Studie der Arbeitsgruppe Umweltgeochemie der Universität für Bodenkultur in ihrem Endbericht „Arsen in Böden Österreichs“ (1998). Hier wird festgestellt, dass selbst bei Gehalten von **600 mg/kg Arsen** im Unterboden ein Wert von 30 µg/l im Trinkwasser nicht überschritten wird. Der derzeitige Grenzwert im Trinkwasser beträgt 50 µg/l.

Eine Untersuchung von Fleisch und Milchprodukten wird erst ab **1000 mg/kg Arsen** im Oberboden angeraten.

Eine Gefährdung durch Arsen im Boden ist diesen Ergebnissen nach erst bei extremen Gehalten gegeben, sodass eine Änderung des Richtwertes von bisher 20 mg/kg auf 40 mg/kg auch von dieser Warte aus akzeptabel ist.

Arsen – Vorkommen in der Steiermark:

Arsenerze kommen in der Natur häufig als Begleitmineral mit anderen Sulfiden von Blei, Zink, Eisen und Kupfer vor. Bekannt ist auch die Vergesellschaftung mit dem Edelmetall Silber. Manchmal tritt Arsenkies auch als Hauptmineral auf.

Das leicht sublimierbare Arsentrioxid (Hüttrauch) entsteht oft als Nebenprodukt bei der Verhüttung anderer Erze.

In der Literatur (Vorkommen des Elementes Arsen in den Ostalpen von F. Czermak und J. Schadler; 1933) werden in der Steiermark folgende Vorkommen angeführt:

- St. Blasen – Karchau bei St. Lambrecht
- Kothgraben bei Kleinfestritz
- Gasen, Reschenkogel, nördlich des Straßeggsattels (früher „Zuckenhut“)
- Schladming, auf der Zinkwand und der Vötternspitze
- Walchen bei Öblarn
- Radmer bei Eisenerz
- Kalwang im Liesingtal

- Puchegg bei Voralpe
- Altenberg bei Neuberg
- Völlegg bei Fischbach
- Krumbach auf der Koralpe bei Eibiswald
- Erzberg
- Knittelfeld, Holzbrückenmühle
- Roßbachgraben bei Obdach
- Flatschach bei Seckau
- Fohnsdorf, im Rudolfiflöz des Kohlenlagers
- Pusterwald, Plettenalm
- Oppenberg bei Rottenmann
- Donnersbach bei Irnding

Besondere Bedeutung erlangten die drei erstgenannten Vorkommen, sodass dort speziell zur Arsen thematik Standorte eingerichtet wurden. Einige andere Lagerstätten, wo Arsen nur als Nebenprodukt bei der Verhüttung eines anderen Erzes anfiel, werden später diskutiert.

Verwendung von Arsen:

Schon im Mittelalter wurde Arsen in großen Mengen nach Venedig gebracht, wo es bei der Klärung von Glas Verwendung fand.

Im 20. Jahrhundert wurde es hauptsächlich zur Herstellung von Schädlingsbekämpfungsmitteln eingesetzt. Zum Beispiel als Calciumarsenat zur Bekämpfung des Baumwollkapselkäfers in den Baumwollplantagen der USA. Weiters als Rattengift, als Desinfektionsbad für Schafe und Ziegen, als Fungizid zur Zaunpfostenimprägnierung, oder zur Behandlung von Schuppenflechte.

Auch als Legierungsbestandteil zur Erhöhung der Härte von Blei- und Kupferlegierungen und in der Halbleitertechnik findet Arsen Anwendung.

St. Blasen – Karchau:

Das Bergbauggebiet befindet sich an den Hängen des Roßeck (1592 m) und liegt geologisch gesehen im Murauer Paläozoikum. Die Anfänge des Bergbaues lassen sich bis in das 15. Jahrhundert zurückverfolgen. Neben Arsenkies wurden auch silberreiche Bleierze abgebaut.

Der Großteil der heute noch erkennbaren Haldenbereiche ist im Wald gelegen und befindet sich daher nicht im Untersuchungsbereich des Bodenschutzprogrammes. Es wurden 3 Standorte am unteren Rand von Halden eingerichtet, wo derzeit eine landwirtschaftliche Nutzung gegeben ist (Wiese, Weide). Die Bezeichnungen der Untersuchungsstandorte sind **VFD 3, 4** und **5**.

Untersuchungsergebnisse:

Überschreitungen der Normalwerte findet man bei den Elementen:
Cu, Zn, Pb, Ni, Mo, Cd und As.

Als besonders stark ist an den Standorten VFD 3-5 die Belastung mit den Schadstoffen **Blei** und **Arsen** – am Standort VFD 3 zusätzlich mit **Zink** und **Cadmium** – anzusprechen.

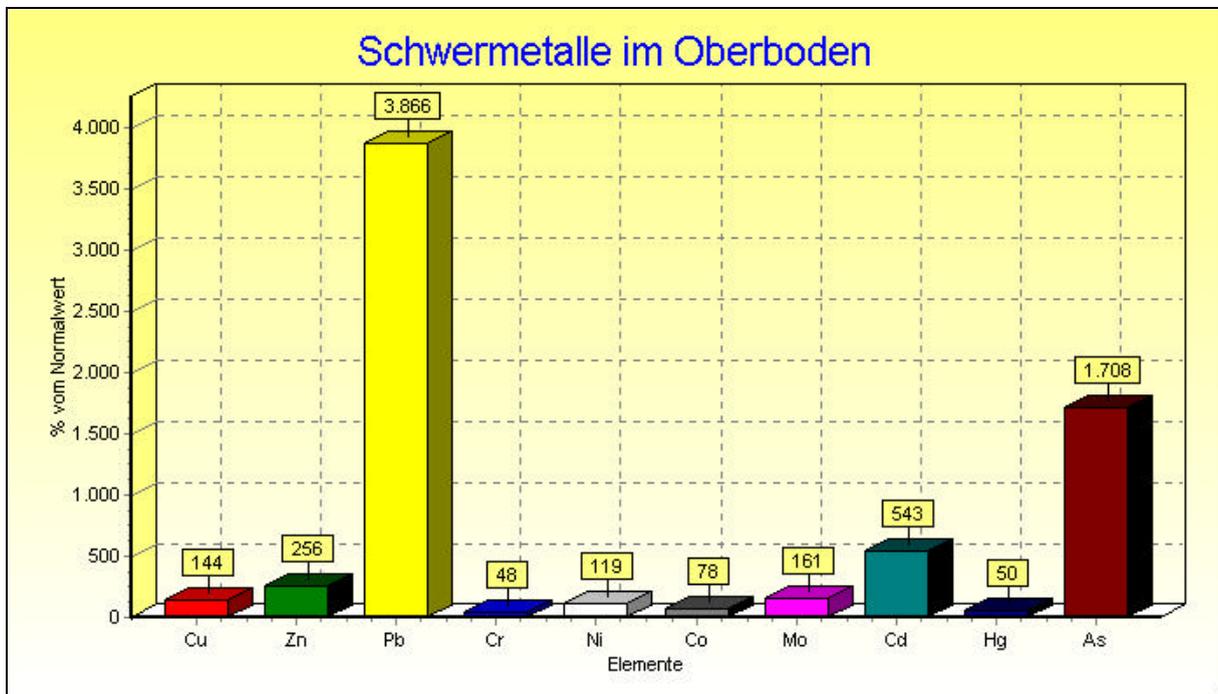
Die höchsten Gehalte an Blei und Arsen findet man am Standort **VFD 3** in den beiden obersten untersuchten Bodenschichten (0-5 cm und 5-20 cm). Hier dürfte im Zuge früherer Bodenbearbeitungen Haldenmaterial aus dem angrenzenden Bergbauareal in den Boden eingearbeitet worden sein.

Der Untersuchungsstandort ist derzeit landwirtschaftlich als mehrschnittige Wiese und Weide genutzt.

Die extremen Belastungen sind aber lokal eng begrenzt. Der am gegenüberliegenden Hang liegende Rasterstandort MUD 11 (Entfernung zu VFD 3 ca. 650 m Luftlinie) weist bei allen Schwermetallen wieder annähernd normale Gehalte auf. Zum Vergleich einige Schwermetallgehalte im Oberboden (Mittel aus 2 Untersuchungsjahren):

VFD 3:	1160 ppm Blei	1,6 ppm Cadmium	680 ppm Arsen
MUD 11:	27 ppm Blei	0,3 ppm Cadmium	47 ppm Arsen

Standort VFD 3

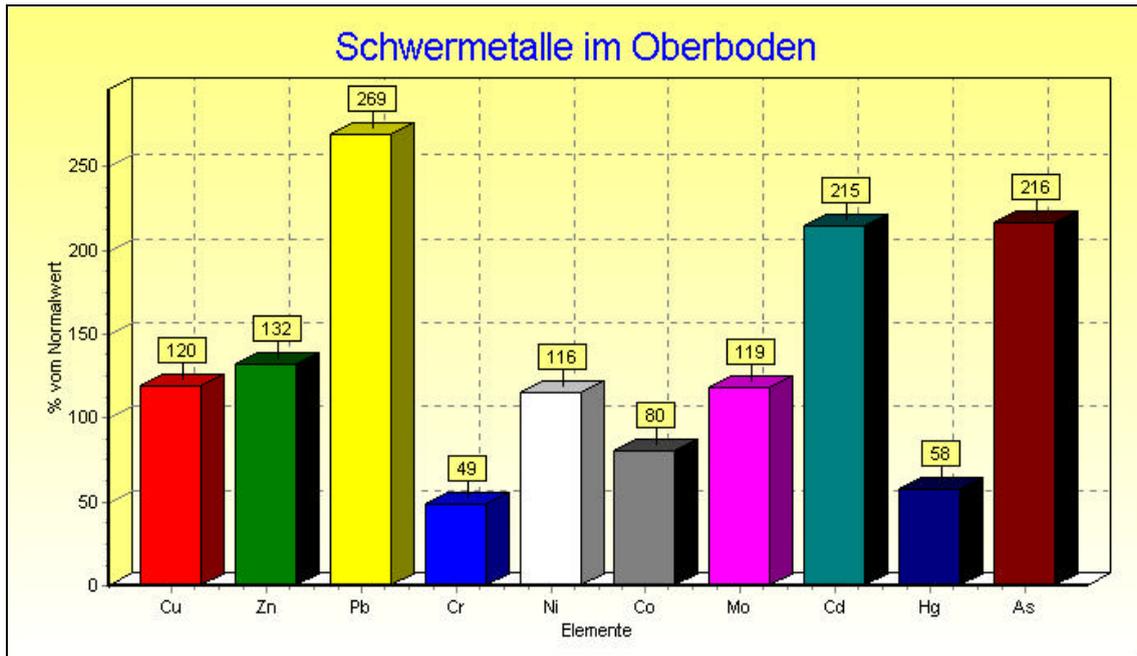


Schwermetallgehalte im Bodenhorizont/Untersuchungsjahr in mg/kg (ppm): VFD 3

Element	0 – 5 cm 1997	0 – 5 cm 1998	5 – 20 cm 1997	20 – 50 cm 1997	Normalwert
Kupfer (Cu)	72,0	72,1	71,0	62,9	50
Zink (Zn)	383,2	333,1	415,2	287,2	140
Blei (Pb)	1188,0	1131,4	1008,0	420,0	30
Chrom (Cr)	39,5	37,2	41,2	38,8	80
Nickel (Ni)	66,9	75,8	70,0	66,3	60
Kobalt (Co)	22,7	24,2	24,5	23,5	30
Molybdän (Mo)	2,52	2,32	2,30	2,23	1,5
Cadmium (Cd)	1,60	1,66	1,50	1,12	0,30
Quecksilber (Hg)	0,12	0,13	0,11	0,07	0,25
Arsen (As)	666,0	700,0	704,0	293,0	40

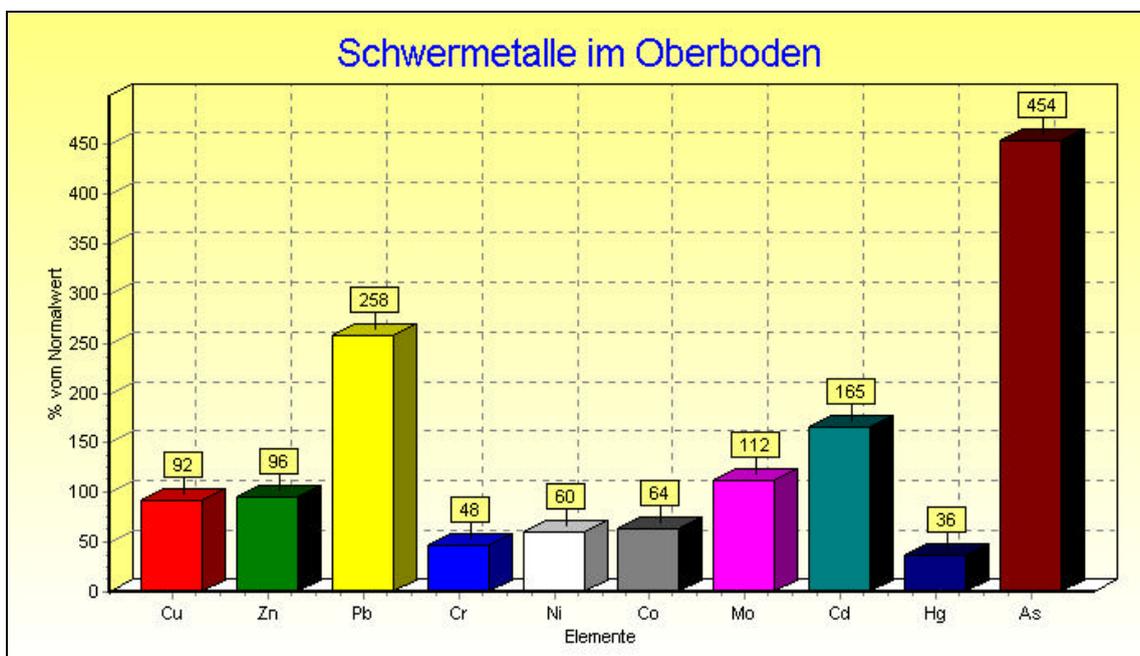
Der Grünlandstandort **VFD 4** liegt ca. 100 m von einem im Wald gelegenen Haldenbereich entfernt. Die Verteilung der Schwermetalle ist daher dort im Vergleich zu den Untersuchungsstellen VFD 3 und 5 ausgewogener (siehe Diagramme).

Standort VFD 4



Der Boden des Standortes **VFD 5** besteht aus dem Schwemm- und Hangmaterial eines kleineren Haldenbezirkes. Die Dominanz der Blei- und Arsengehalte ist daher stärker ausgeprägt als am Standort VFD 4 und ähnlich der Untersuchungsstelle VFD 3. Die Absolutgehalte erreichen hier aber nicht so extreme Werte.

Standort VFD 5



Eine **Profilanalyse** (Betrachtung der Schwermetallgehalte im Verlauf der untersuchten Bodenhorizonte) zeigt an den Standorten VFD 3-5 einen deutlichen anthropogenen Einfluß (Anreicherung der Schwermetalle im Oberboden) und erreicht am Standort VFD 3 Extremwerte.

Überschreitungen des gesetzlichen Grenzwertes findet man bei den Elementen:
Zn, Pb, Ni und As.

Der gesetzlichen Vorgabe entsprechend wurden daher **Pflanzenproben** gezogen und auf jene Schadstoffe, wo es zu Überschreitungen kommt untersucht.

In den untersuchten Grasproben wurde nur am Standort **VFD 5** der als „normal“ anzusehende Gehalt von **Arsen** (0,1 - 1 mg/kg in der Trockensubstanz) überschritten. Es wurden zwei Grasproben untersucht und dabei Arsengehalte von 2,3 und 1,7 mg/kg festgestellt. Dazu ist jedoch anzumerken, dass die Untersuchungsfläche beweidet wurde und somit eine Verschmutzung des Pflanzenbestandes mit Bodenpartikeln als Ursache der erhöhten Schwermetallgehalte anzunehmen ist.

Eine Überschreitung des Futtermittel-Richtwertes für Arsen liegt aber nicht vor.

Die Pflanzenaufnahme von aus dem Boden gelösten Arsen über die Wurzeln spielt erfahrungsgemäß eine untergeordnete Rolle.

Erhärtet wird diese Interpretation der Untersuchungsergebnisse durch die Tatsache, dass im Boden des Standortes VFD 3 die Arsengehalte drei bis vier mal so hoch sind, die Pflanzengehalte jedoch völlig normal.

Die Kontamination mit Bodenpartikeln ist vermutlich die häufigste Ursache von Richtwertüberschreitungen bei Grasproben.

⇒ Vor allem an Standorten mit erhöhten Schadstoffgehalten im Boden ist es daher überaus wichtig beim Mähen „sauber“ zu arbeiten, um eine unnötige Kontamination der Futtermittel durch Bodenpartikel zu vermeiden (Flächen vor Saisonbeginn „abstreifen“ und beim Mähen das Mähwerk nicht zu nieder einstellen).

Kothgraben

Der Arsenbergbau im Kothgraben bei Kleinfestritz, Bezirk Judenburg, setzte bereits im 15. Jahrhundert ein und war bis zum Ende des 17. Jahrhunderts in Betrieb. Auch der Abbau von Kupfer und Gold wird in der Literatur erwähnt.

Die ehemaligen Halden und Röstplätze liegen heute im Wald. Als Untersuchungsstandort wurde eine kleine Grünfläche am westlichen Rand des Bergbaugebietes gewählt (Standort **VFD 2**).

Aus historischen Dokumenten geht hervor, dass die Betriebszeit der Arsenikhütte auf die Zeit von „Simon Judä bis Philipi“ (Ende Oktober bis Anfang Mai) limitiert war, da durch die giftigen Abgase Mensch und Vieh Schaden erleiden könnten. Als 1637 wegen des lukrativen Arsenikhandels diese Zeit nicht eingehalten wurde, haben am 7. Mai aufgebrachte Bauern (weil „der giftige Rauch des Arsenici die Viehweiden verdorben hat, so daß Vieh umgestanden sei“) den Röstofen zerstört.

Da das Bergbaugebiet in unmittelbarer Nähe des Kothbaches liegt, ist anzunehmen dass im Laufe der Geschichte erzhaltiges Material vom Bach mittransportiert wurde. Um das nachzuweisen wurde ca. 3 km talauswärts der Standort **VFD 1** eingerichtet.

In der Nähe von Bergbaugebieten standen üblicherweise auch Kohlenmeiler, welche die benötigte Holzkohle produzierten. Spuren davon findet man heute noch in der Ortschaft Kohlplatz, zwischen Groß- und Kleinfestritz. Hier wurde der in einem Acker gelegene Standort **VFD 6** eingerichtet um die heutige Belastung mit den aus der Köhlerei stammenden PAH's zu kontrollieren.

Untersuchungsergebnisse:

Überschreitungen der Normalwerte findet man bei den Elementen:
Cu, Pb und As.

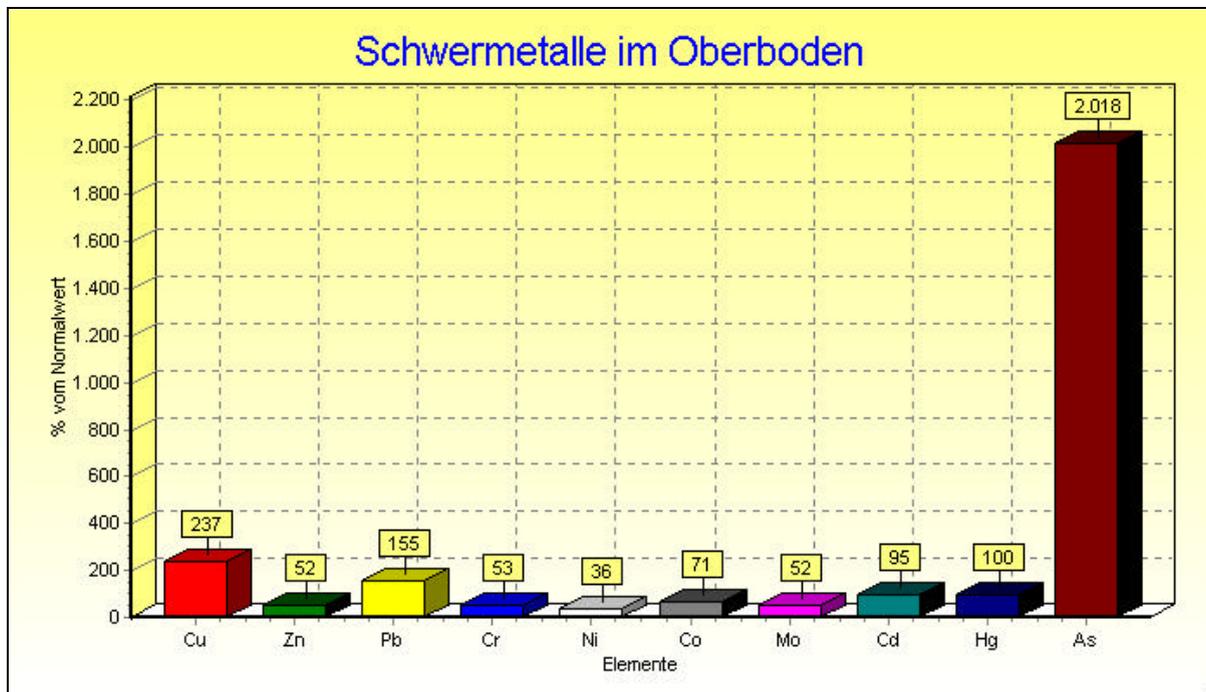
Besonders hoch ist die Belastung mit **Arsen** am Standort **VFD 2**. In der Bodenschicht 5-20 cm liegt der Arsengehalt bei 1477 ppm und zählt zu den höchsten Werten, welche bisher in der Steiermark gemessen wurden.

Die Gehalte an Blei entsprechen der üblichen ubiquitären Belastung. Die Kupfergehalte erreichen etwas mehr als es dem doppelten Normalwert entsprechen würde.

Der Untersuchungsstandort VFD 2 wird derzeit landwirtschaftlich zu Weidezwecken genutzt.

Alle Schwermetalle außer Chrom und Nickel sind im Oberboden angereichert, was auf anthropogene Einflüsse hinweist. Bei den mengenmäßig hohen Belastungen von Arsen und Kupfer ist die ehemalige Bergbautätigkeit als Verursacher anzunehmen.

Standort VFD 2



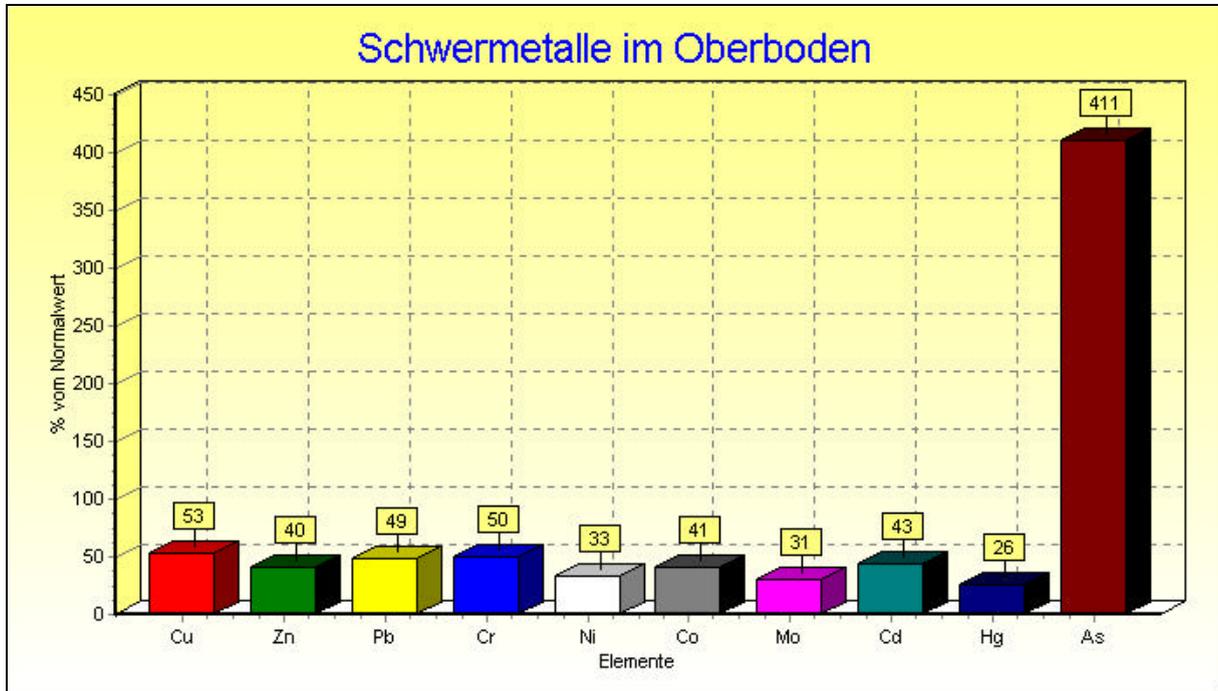
Schwermetallgehalte im Bodenhorizont/Untersuchungsjahr in mg/kg (ppm): VFD 2

Element	0 – 5 cm 1997	0 – 5 cm 1998	5 – 20 cm 1997	20 – 50 cm 1997	Normalwert
Kupfer (Cu)	128,6	108,2	142,8	73,1	50
Zink (Zn)	75,2	70,9	57,2	53,2	140
Blei (Pb)	46,6	46,5	20,9	9,4	30
Chrom (Cr)	46,3	39,3	50,2	49,5	80
Nickel (Ni)	21,2	21,8	26,0	25,4	60
Kobalt (Co)	20,4	22,0	22,9	16,7	30
Molybdän (Mo)	0,90	0,65	0,54	0,49	1,5
Cadmium (Cd)	0,29	0,28	0,10	0,09	0,30
Quecksilber (Hg)	0,22	0,28	0,07	0,04	0,25
Arsen (As)	864,0	750,0	1477,0	528,0	40

Auffällig hoch ist am Standort VFD 2 auch der Gehalt an „**pflanzenverfügbarem Kupfer**“ (EDTA-Extrakt). Er beträgt 46 mg /kg, wobei laut Düngerichtlinien schon ein Gehalt von mehr als 20 mg/kg als „sehr hoch“ einzustufen ist.

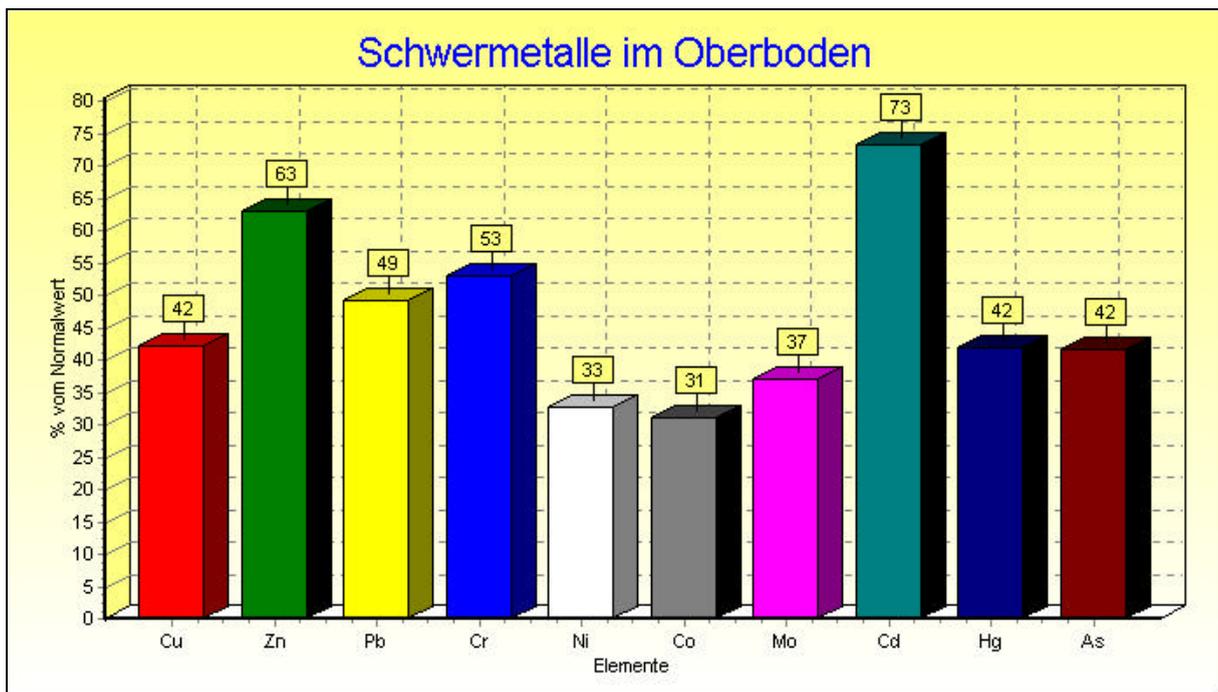
Der ca. 3 km talauswärts gelegene Standort **VFD 1** ist ein Schwemmboden, dessen Ausgangsmaterial vom Schwermetallgehalt der höher gelegenen Bergbauregion beeinflusst wurde. Die Arsengehalte sind niedriger, aber noch immer deutlich überhöht.

Standort VFD 1



Der Standort **VFD 6** liegt schon mehr als 10 km talauswärts vom Bergbauegebiet entfernt. Das Ausgangsmaterial seines Bodens besteht aus Schwemmmaterial und Holzkohle aus der ehemaligen Köhlerei. Die Schwermetallgehalte sind hier wieder völlig normal.

Standort VFD 6



Die am Standort **VFD 6** (ehemaliger Kohlenmeiler) vermutete Belastung mit **polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAH's)** ist wesentlich geringer, als ursprünglich befürchtet. Obwohl der Boden bis in eine Tiefe von 45 cm durch Holzkohle stark schwarz gefärbt ist, liegt die Summe der untersuchten PAH's in den oberen beiden Bodenhorizonten (0-20 und 20-50 cm) nur bei ca. 500 ppb. Dies ist zwar eine erhöhte Belastung (als ubiquitärer Background werden Gehalte bis 200 ppb gewertet), dennoch wurden ursprünglich Gehalte vermutet, die mindestens eine Zehnerpotenz höher liegen. Als sehr hoch ist an diesem Standort nur der Gehalt des Phenanthren anzusprechen. Diese Substanz wird aber wegen ihrer zu hohen analytischen Schwankungsbreite nicht in die Summenbildung der PAH miteinbezogen. Sie ist auch aus toxikologischer Sicht weniger bedenklich.

Hinsichtlich der Tiefenverlagerung der PAH's erkennt man, dass hauptsächlich die niedermolekularen PAH's wie Phenanthren, Fluoranthren und Pyren in den Unterboden verlagert sind. Höhermolekulare PAH's sind im Unterboden nur in Spuren nachzuweisen.

Eine unerwünschte Eigenschaft des hohen Kohleanteils des Bodens wurde dennoch festgestellt. Auf Grund der sehr guten Adsorptionseigenschaften von Kohlenstoff wurden Pflanzenschutzmittel - wie das seit 1995 verbotene **Atrazin** - im Boden akkumuliert und offensichtlich langsamer als üblich abgebaut.

Der Atrazingehalt des Oberbodens lag 1997 bei **483** und 1998 bei **429 ppb** (als noch tolerierbare Bodengehalte wurden damals Werte unter 70 ppb angenommen).

Da der vom ehemaligen Kohlenmeiler beeinflusste Bereich aber nur einen kleinen Teil des Ackers einnimmt, wurde auch eine Mischprobe der gesamten ackerbaulich genutzten Fläche untersucht. In diesem Fall beträgt der Atrazingehalt nur mehr akzeptable 50 ppb.

Um den Verlauf des Atrazinabbaus im Bereich des Standortes VFD 6 weiterhin zu verfolgen, erfolgte 1999 eine zusätzliche Untersuchung, welche 163 ppb Atrazin im Oberboden ergab. Es sind weitere jährliche Kontrollen geplant.

Überschreitungen des gesetzlichen Grenzwertes findet man bei den Elementen:
Cu und As.

Der gesetzlichen Vorgabe entsprechend wurden daher **Pflanzenproben** gezogen und auf jene Schadstoffe, wo es zu Überschreitungen kommt untersucht.

Die Schwermetallgehalte der untersuchten Grasproben liegen bei allen Standorten im normalen Gehaltsbereich.

Straßegg

Das alte Arsenbergbauggebiet Gasen – Straßegg befindet sich nordwestlich der Ortschaft Gasen, im Bereich des Straßeggsattels.

Erste Hinweise auf Bergbautätigkeiten gibt es um 1400. Ende des 15. Jahrhunderts zählte der Bergbau „Zuckenhut“ (alter Name dieses Gebietes) zu den bekanntesten Silberbergbauen der Ostalpen. Am Anfang des 16. Jahrhunderts erlangte neben Silber und Gold auch der Abbau des Arsenkieses wirtschaftliches Interesse.

Als Begleitminerale findet man unter anderem Pyrit, Bleiglanz, Kupferkies und Zinkblende.

Die bergbaulichen Tätigkeiten wurden am Anfang des 19. Jahrhunderts eingestellt.

Neben alten, längst schon eingestürzten Stollengängen gibt ein ca. 1,1 km langer Pingen- und Haldengürtel noch heute Zeugnis von der einstmaligen regen Bergbautätigkeit. Das Gebiet ist heute fast ausschließlich forstwirtschaftlich genutzt. Die Einrichtung des Untersuchungsstandortes **VFD 7** erfolgte in einer an den Haldenbereich angrenzenden landwirtschaftlichen Nutzfläche.

Untersuchungsergebnisse:

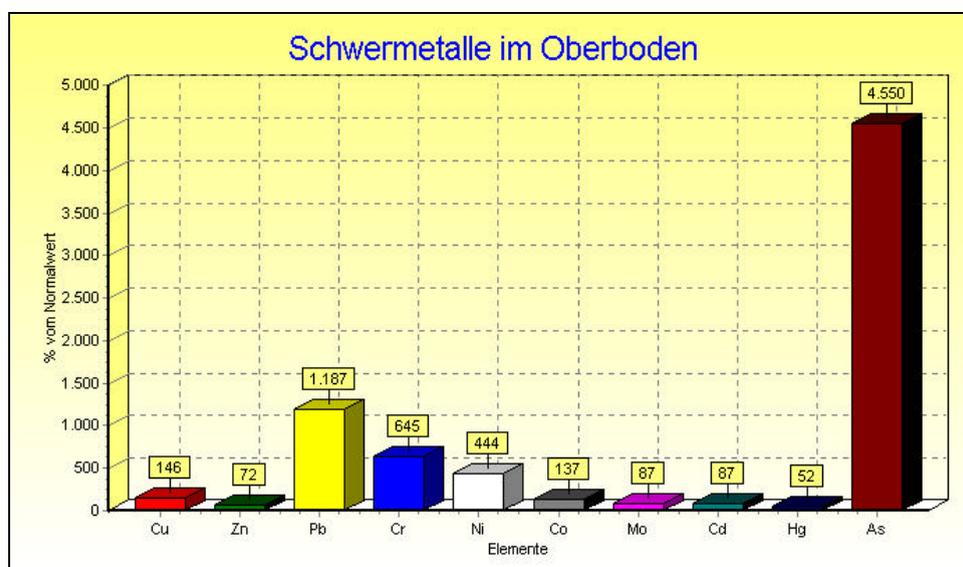
Überschreitungen der Normalwerte findet man bei den Elementen:
Cu, Pb, Cr, Ni, Co und As.

Besonders hoch ist die Belastung mit **Arsen**. Die Arsengehalte des Untersuchungsstandortes VFD 7 sind die höchsten Werte, welche bisher in der Steiermark gemessen wurden. Aber auch die Gehalte an **Blei**, **Chrom** und **Nickel** weisen überdurchschnittlich hohe Werte auf.

Der Untersuchungsstandort wird derzeit landwirtschaftlich zu Futterzwecken genutzt.

Die gleichförmige Verteilung aller Schwermetalle in den untersuchten Bodenhorizonten zeugt von der geogenen Herkunft der Elemente.

Standort VFD 7



Schwermetallgehalte im Bodenhorizont/Untersuchungsjahr in mg/kg (ppm): **VFD 7**

Element	0 – 5 cm 1997	0 – 5 cm 1998	5 – 20 cm 1997	20 – 50 cm 1997	Normalwert
Kupfer (Cu)	70,2	75,6	76,1	74,7	50
Zink (Zn)	104,0	98,6	106,0	98,0	140
Blei (Pb)	326,0	386,4	370,0	318,0	30
Chrom (Cr)	520,0	512,0	544,0	522,0	80
Nickel (Ni)	261,0	272,0	279,0	280,0	60
Kobalt (Co)	37,4	44,5	40,4	41,1	30
Molybdän (Mo)	1,34	1,28	1,42	1,09	1,5
Cadmium (Cd)	0,24	0,28	0,26	0,21	0,30
Quecksilber (Hg)	0,13	0,13	0,12	0,13	0,25
Arsen (As)	1860,0	1780,0	1897,0	1680,0	40

Überschreitungen des gesetzlichen Grenzwertes findet man bei den Elementen:

Pb, Cr, Ni und As.

Der gesetzlichen Vorgabe entsprechend wurden daher **Pflanzenproben** gezogen und auf jene Schadstoffe, wo es zu Überschreitungen kommt untersucht.

In den untersuchten Grasproben am Standort **VFD 7** werden die als „normal“ eingestuften Gehalte von **Arsen** (0,1 - 1 mg/kg in der Trockensubstanz) und **Nickel** (0,1 - 3 mg/kg in der Trockensubstanz) überschritten.

Es wurden zwei Grasproben untersucht und dabei Arsengehalte von 1,1 mg/kg und Nickelwerte von ca. 8,9 mg/kg festgestellt.

Eine Überschreitung des Futtermittel-Richtwertes für Arsen liegt aber nicht vor.

Als Ursache der Richtwertüberschreitungen kann ein Transfer pflanzenverfügbarer Schwermetallanteile vom Boden in die Pflanze angenommen werden. Vor allem beim Arsen weist der Boden ja extrem hohe Gehalte auf. Die ebenfalls hohen **Chromgehalte** im Boden sind - wie die als normal einzustufenden Pflanzengehalte zeigen – erfreulicherweise nicht gut mobilisierbar.

Raum Schladming

Die Bergbaue der Schladminger Tauern und des südlich gelegenen Lungaus zählen zu den ältesten der Niederen Tauern. Schon vor Christi Geburt wurde hier von Kelten und Römern Gold und Silber gewonnen. Im Laufe der Geschichte dehnte sich der Bergbau auf Blei, Kupfer, Zink, Nickel, Kobalt, Eisen, Arsen und Wismut aus. Die Blütezeit des Schladminger Bergbaus war im 14. bis 16. Jahrhundert. Die Entstehung der Stadt Schladming selbst ist unmittelbar auf die Bergbautätigkeiten zurückzuführen. Der größte Teil der alten Bergbaue liegt im Einzugsgebiet des Obertalbaches.

Folgende 10 Untersuchungsstandorte wurden im Raum Schladming eingerichtet:

- VFG 1: Preuneggatal
- VFG 2: Preuneggatal – ca. 1 km talaufwärts von VFG 1.

- VFG 3: Eschachalm – Boden aus Schwemmmaterial aus dem Bergbaugesamt Eschach-Sagalm-Duisitz.
- VFG 4: Holdalm – Standort in Nähe der Nickel-Schmelzhütte Hopfriesen und der ehemaligen Kohlstätte.
- VFG 5: Aufbereitungshalde nordwestlich des ehemaligen Poch- und Wascherkes Hopfriesen.
- VFG 6: Boden aus Schwemmmaterial des Obertalbaches ca. 1 km nördlich vom Standort VFG 5.

- VFG 7: Schladming – In der Nähe ehemaliger Schmelzplätze und Kohlenmeiler, aber vor der Einmündung des Talbaches in die Enns.
- VFG 8: Schladming – ca. 2 km nordöstlich von VFG 7. Das Schwemmmaterial dieses Standortes beinhaltet auch Einträge des Talbaches.

- VFG 9: Blei-Silber-Hütte Weitgassau in Pichl – Bereich der Schlackendeponie.
- VFG 10: ca. 200 m nordöstlich von VFG 9.

Untersuchungsergebnisse:

Überschreitungen der Normalwerte findet man bei den Elementen:

VFG 1:	Pb, Mo, Hg
VFG 2:	Pb, Mo, Hg
VFG 3:	Pb, Cd, As
VFG 4:	Pb, Cd, As
VFG 5:	Zn, Pb, Mo, Cd, As
VFG 6:	Cu, Zn, Pb, Mo, Cd, Hg, As
VFG 7:	Pb
VFG 8:	Pb
VFG 9:	Cu, Zn, Pb, Ni, Co, Cd, Hg, As
VFG 10:	Pb

An allen untersuchten Standorten der Region findet man überhöhte Gehalte von **Blei**, welche teilweise extrem hohe Werte im Boden aufweisen können. Am Standort VFG 9 erreichen auch die Elemente **Kupfer** und **Arsen** Extremwerte.

Die Böden der beiden Standorte **VFG 1 und 2** bestehen aus Schwemmmaterial des Ursprung- und Preuneggaches und sollen etwaige Erzverfrachtungen aus ihrem Einzugsgebiet dokumentieren.

Vergleich der Schwermetallgehalte (in mg/kg des Oberbodens) der Standorte VFG 1 und VFG 2:

Element	VFG 1	VFG 2
Kupfer (Cu)	9,9	13,5
Zink (Zn)	46,1	56,2
Blei (Pb)	47,3	55,1
Chrom (Cr)	7,8	12,3
Nickel (Ni)	11,2	13,3
Kobalt (Co)	5,0	6,5
Molybdän (Mo)	1,56	1,68
Cadmium (Cd)	0,23	0,24
Quecksilber (Hg)	0,25	0,29
Arsen (As)	13,5	16,2

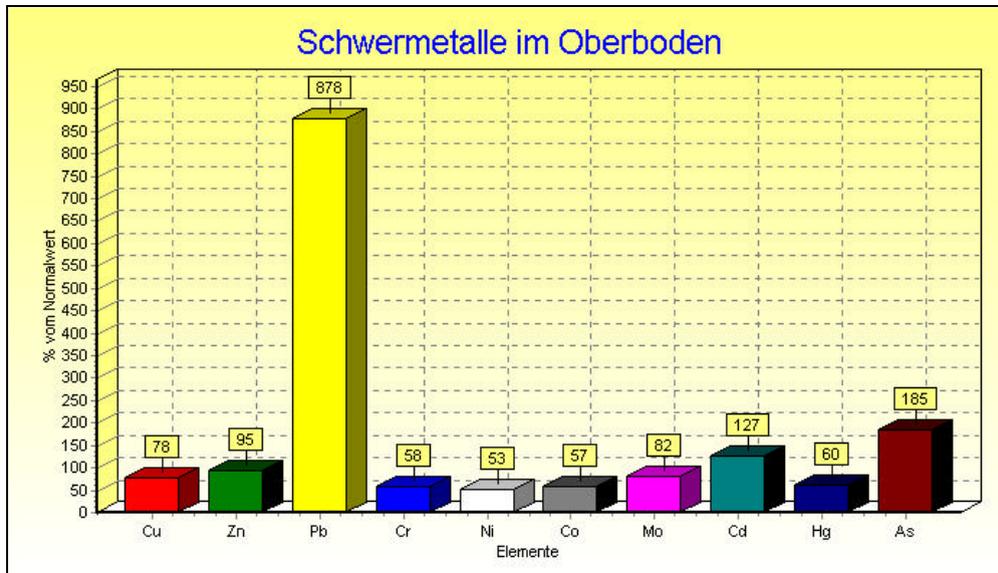
Man erkennt – trotz der für eine Bergbauregion relativ niedrigen Werte – eine Zunahme aller Schwermetallgehalte vom Standort VFG 1 hin zum ca. 1 km weiter taleinwärts gelegenen Punkt VFG 2. Die Differenz der einzelnen Gehalte ist zwar hinsichtlich des Analysefehlers nicht statistisch signifikant, dokumentiert aber dennoch die ständige Verringerung von Schadstoffen durch Ablagerung der vom Bach mitgeführten Erzpartikel.

Das Hauptbergbaugebiet der Region Schladming liegt im Einzugsbereich des Obertalbachs und wird hier durch die 4 Untersuchungsstellen VFG 3-6 näher behandelt.

Der Standort **VFG 3** liegt auf der Eschachalm und ist bodenkundlich gesehen ein seichter Schwemmboden aus grobem Schwemmmaterial. Er ist von den Bergbautätigkeiten im Gebiet Eschach-Sagalm-Duisitz beeinflusst.

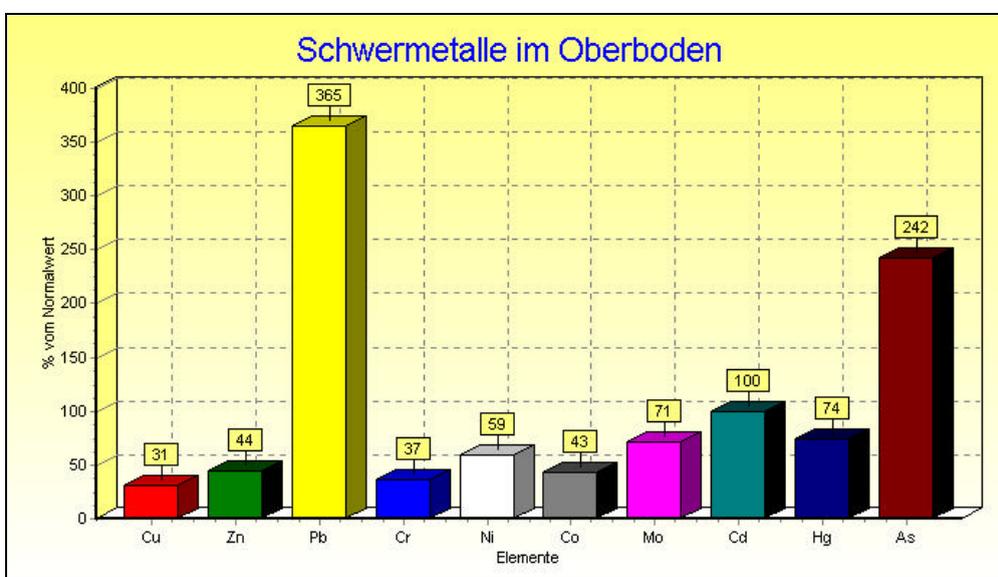
Die Verteilung der Schwermetalle zeigt stark überhöhte **Bleigehalte** und Überschreitungen der Normalwerte bei **Cadmium** und **Arsen**.

Standort VFG 3



Der Standort **VFG 4** befindet sich auf der Holdalm in Nähe der ehemaligen Nickel-schmelzhütte Hopfriesen und einer alten Kohlstätte.

Standort VFG 4

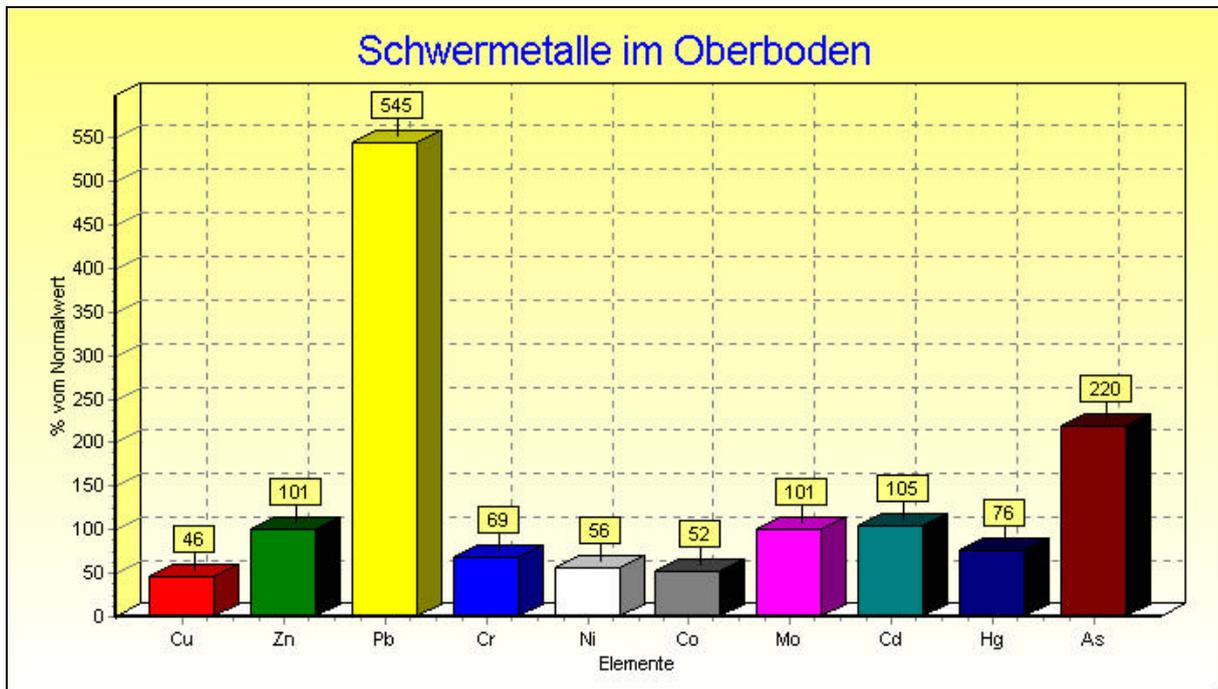


Die bodenkundliche Situation am Standort **VFG 4** ist ähnlich dem zuvor besprochenen Standort und auch die Art der Bodenbelastungen ist ident, wenngleich auch die Bleigehalte niedriger sind.

Ähnliches gilt für den in der Nähe gelegenen Standort **VFG 5**, welcher sich auf einer wiederbegrünt – zu Futterzwecken und als Weide genutzten – alten Aufbereitungshalde des ehemaligen Poch- und Waschwerkes Hopfriesen befindet.

Zu den erhöhten Gehalten an **Blei**, **Cadmium** und **Arsen** kommen noch geringfügige Überschreitungen des Normalwertes bei **Zink** und **Molybdän**.

Standort VFG 5

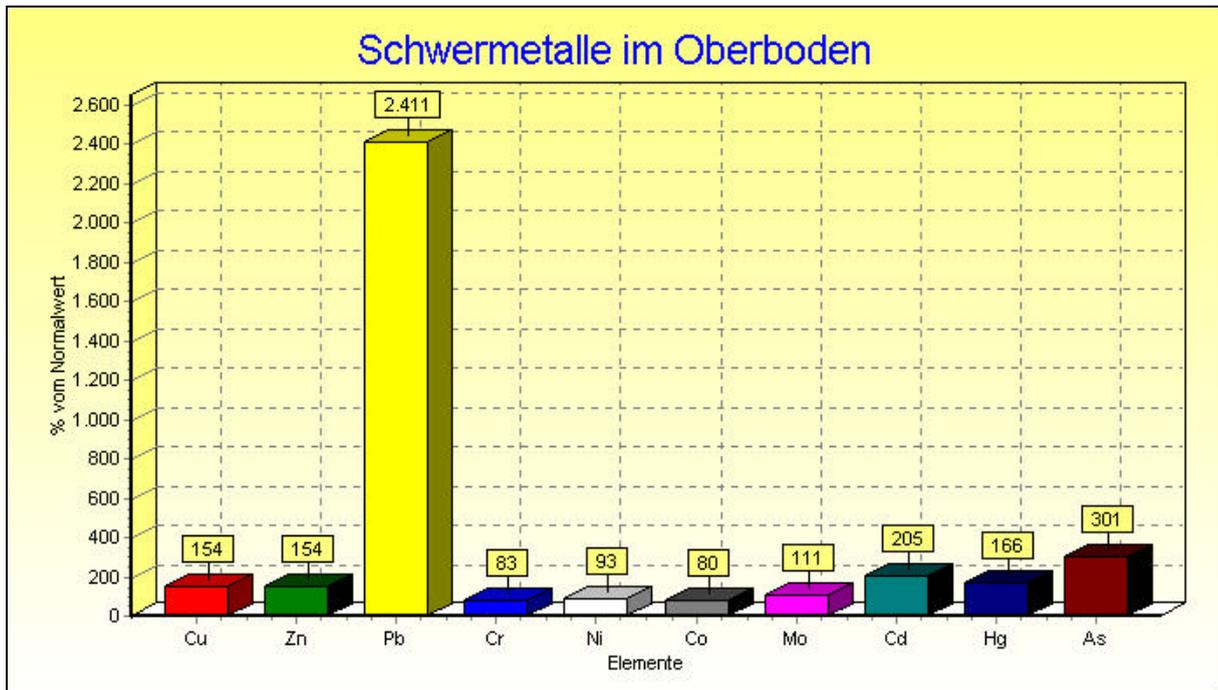


Wie aus den Untersuchungen zum „Haldenkataster“ der Geologischen Bundesanstalt hervorgeht, ist an diesem Standort mit großen Unterschieden in den Schwermetallgehalten auf kleinstem Raum zu rechnen.

Die Analyseergebnisse der Bodengehalte auf der Halde decken sich trotz unterschiedlicher Probenahme und Untersuchungsmethoden weitestgehend mit jenen des Punktes VFG 5. Eine nur wenige Meter neben der Halde durchgeführte punktförmige Bodenuntersuchung der Geologischen Bundesanstalt aber zeigt ein sprunghaftes Ansteigen der Schadstoffe zu Extremwerten wie 2900 ppm Arsen, 728 ppm Nickel und 1261 ppm Blei. Zur Verifizierung der Daten und zur Abklärung des Gefahrenpotentials sind hier weitere Boden- und Pflanzenuntersuchungen notwendig.

Der Standort **VFG 6** besteht aus feinem Schwemmmaterial, welches vom Obertalbach abgelagert wurde. Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass hier alle Schwermetallgehalte außer Chrom, Nickel und Kobalt den Normalwert überschreiten. Die extremsten Gehalte findet man beim Element **Blei**.

Standort VFG 6



Im Vergleich zu den Bodengehalten im benachbarten Preuneggatal (VFG 1+2) dokumentieren diese Ergebnisse die deutlich stärkere bergbauliche Bedeutung im Einzugsgebiet des Obertalbaches.

Schwermetallgehalte im Bodenhorizont/Untersuchungsjahr in mg/kg (ppm): **VFG 6**

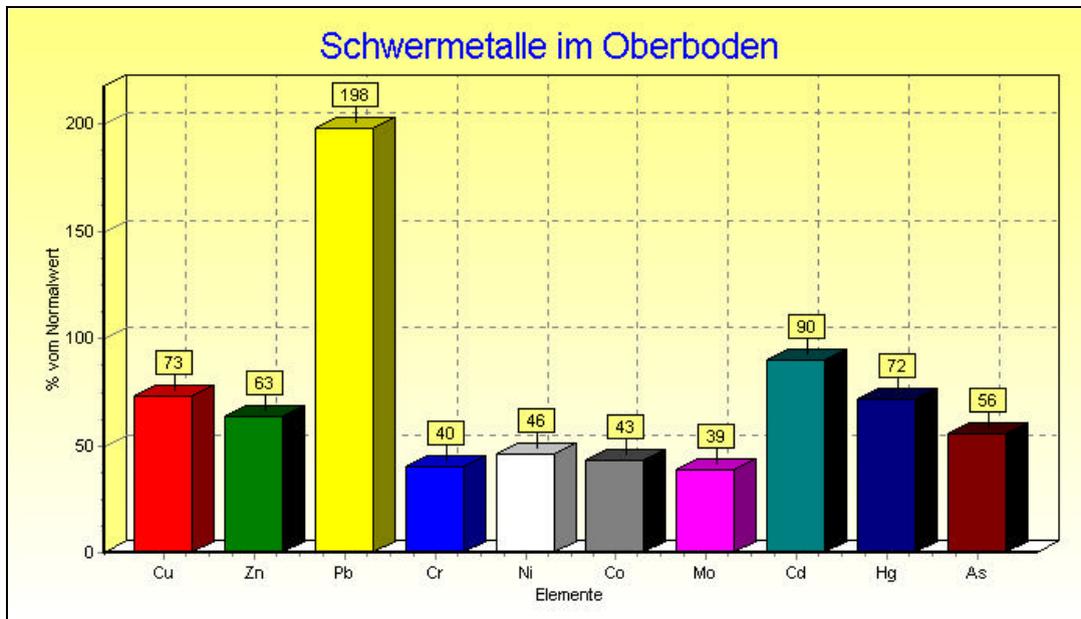
Element	0 – 5 cm 1997	0 – 5 cm 1998	5 – 20 cm 1997	20 – 50 cm 1997	Normalwert
Kupfer (Cu)	72,2	81,7	76,8	66,2	50
Zink (Zn)	212,0	219,6	200,0	164,0	140
Blei (Pb)	652,0	794,8	746,0	434,0	30
Chrom (Cr)	68,0	65,2	64,3	62,2	80
Nickel (Ni)	52,5	59,1	41,0	39,2	60
Kobalt (Co)	23,4	24,3	22,7	20,3	30
Molybdän (Mo)	1,65	1,67	1,88	1,82	1,5
Cadmium (Cd)	0,62	0,61	0,39	0,34	0,30
Quecksilber (Hg)	0,41	0,42	0,41	0,31	0,25
Arsen (As)	111,6	129,6	102,4	79,2	40

Die beiden Standorte **VFG 7 und 8** liegen in unmittelbarer Nähe der Stadt Schladming und sind ca. 1,9 km Luftlinie voneinander entfernt. Bodenkundlich handelt es sich um

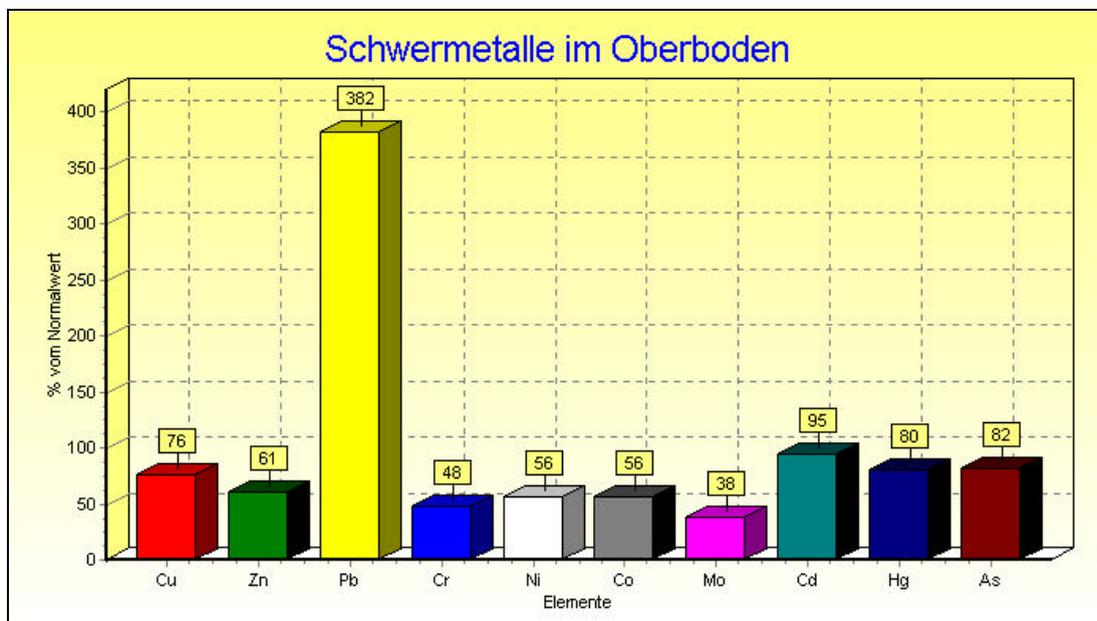
Auböden der Enns. Der Standort VFG 7 liegt jedoch vor der Einmündung des Talbaches (Zusammenführung des Ober- und des Untertalbaches), die Untersuchungsstelle VFG 8 danach.

An beiden Standorten kommt es zu einer Überschreitung des **Bleigehaltes** im Boden, wobei die Werte an der Untersuchungsstelle VFG 8 etwa doppelt so hoch sind als am Standort VFG 7. Dies ist vermutlich auf die zusätzlichen Einträge über den Talbach zurückzuführen.

Standort VFG 7



Standort VFG 8



Der Standort **VFG 7** liegt in der Nähe ehemaliger Schmelzplätze und Kohlenmeiler. Stark überhöht sind daher an diesem Standort die Bodengehalte an **polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAH)**. Die PAH-Summe liegt bei 5000 ppb (ng/g) im Oberboden. Als ubiquitäre Belastung gelten PAH-Gehalte unter 200 ppb, Werte über 500 sind als stark belastet einzustufen.

Die im Oberboden angereicherten Gehalte an Zink, Blei und Cadmium sind wenig signifikant, sodass sie eher durch die ubiquitäre Umweltbelastung als durch Einträge der Erzverhüttung erklärbar sind.

Die Verhüttung der Erze, welche aus dem Preuneggatal abtransportiert wurden, erfolgte in der Blei-Silber- Hütte Weitgassau bei Pichl an der Enns, ca. 5 km westlich von Schladming.

Die exakte Lage der Hütte ist nicht überliefert, bekannt ist aber die in ihrer Nähe gelegene Schlackendeponie. Das begrünzte Areal wird heute landwirtschaftlich als mehrschnittige Wiese und Weide genutzt. Zur Abklärung von Belastungen wurden die zwei Standorte **VFG 9** und **10** eingerichtet.

Die Untersuchungsstelle VFG 9 befindet sich auf dem Areal der ehemaligen Schlackendeponie, der Standort VFG 10 ist nur ca. 200 m entfernt auf einem ortsüblichen Auboden gelegen.

Die Mächtigkeit des Bodens am Punkt VFG 9 ist gering, sodass nur 2 Horizonte beprobt werden konnten (0-5 cm und 5-20 cm).

Die Schwermetallgehalte im Boden der Schlackendeponie (VFG 9) weisen bei allen Elementen außer Chrom und Molybdän überhöhte Werte auf. Besonders extreme Bodengehalte findet man bei **Kupfer, Zink, Blei, Nickel** und **Arsen**.

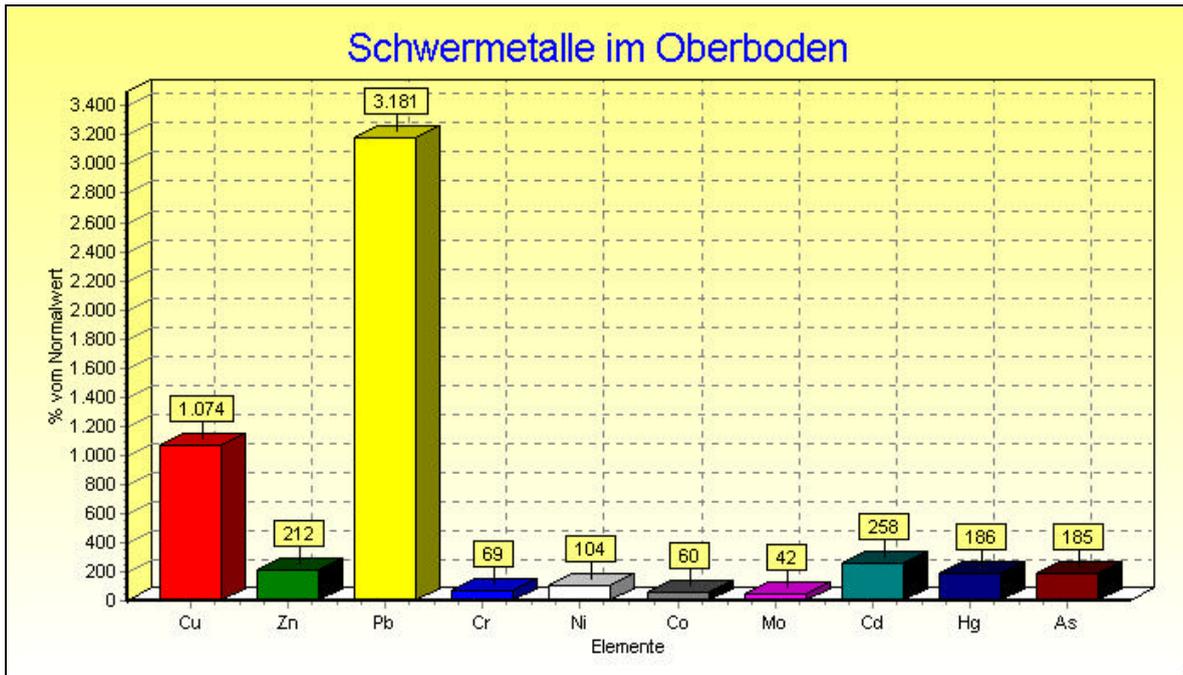
Schwermetallgehalte im Bodenhorizont/Untersuchungsjahr in mg/kg (ppm): **VFG 9**

Element	0 – 5 cm 1997	0 – 5 cm 1998	5 – 20 cm 1997	Normalwert
Kupfer (Cu)	541,0	533,0	815,0	50
Zink (Zn)	328,0	266,4	608,0	140
Blei (Pb)	952,0	956,8	2032,0	30
Chrom (Cr)	57,4	52,8	74,4	80
Nickel (Ni)	68,4	56,2	904,0	60
Kobalt (Co)	18,2	17,5	41,8	30
Molybdän (Mo)	0,60	0,66	0,95	1,5
Cadmium (Cd)	0,82	0,73	0,98	0,30
Quecksilber (Hg)	0,49	0,44	0,57	0,25
Arsen (As)	87,6	60,8	788,0	40

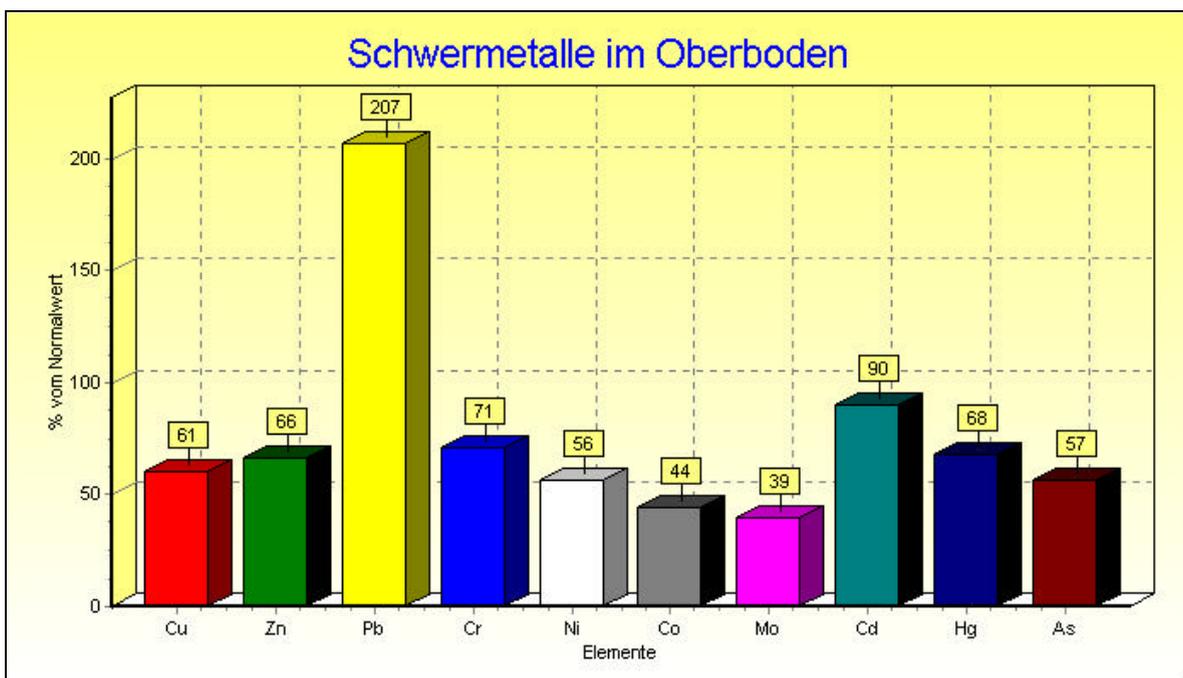
Im Vergleich zu diesem hoch belasteten Standort findet man an der Untersuchungsstelle VFG 10 „nur“ mehr relativ leicht erhöhte **Bleigehalte**. Aber trotz der vergleichsweise niedrigen Werte weisen alle Schwermetalle am Vergleichsstandort VFG 10 außer Kobalt und

Arsen deutliche **Anreicherungen im Oberboden** auf, was den anthropogenen Einfluß der ehemaligen Hüttenanlage dokumentiert.

Standort VFG 9



Standort VFG 10



Auffällig hoch ist am Standort VFG 9 auch der Gehalt an „**pflanzenverfügbarem Kupfer**“ (EDTA-Extrakt). Er beträgt 285 mg /kg, wobei laut Düngerichtlinien schon ein Gehalt von mehr als 20 mg/kg als „sehr hoch“ einzustufen ist.

Überschreitungen des gesetzlichen Grenzwertes findet man bei den Elementen:

VFG 3:	Pb, As
VFG 4:	Pb, As
VFG 5:	Pb, As
VFG 6:	Pb, As
VFG 7:	As
VFG 8:	Pb, As
VFG 9:	Cu, Zn, Pb, Ni, As
VFG 10:	As

Der gesetzlichen Vorgabe entsprechend wurden daher **Pflanzenproben** gezogen und auf jene Schadstoffe, wo es zu Überschreitungen kommt untersucht.

In den untersuchten Grasproben werden fallweise die als „normal“ eingestuften Gehalte von **Arsen** (0,1 - 1 mg/kg in der Trockensubstanz) und **Blei** (0,1 - 6 mg/kg in der Trockensubstanz) überschritten.

Es wurden pro Standort zwei Grasproben untersucht und dabei folgende erhöhte Schwermetallgehalte festgestellt:

Die beiden Grasproben am Standort **VFG 6** weisen erhöhte Bleigehalte auf (9,39 und 11,23 mg/kg in der Trockensubstanz). Da es sich bei der Untersuchungsfläche jedoch um eine Weide handelt ist eine Kontamination mit Bodenpartikeln möglich. Der Vergleich der beiden Grasproben des Standortes **VFG 8** zeigt deutlich den Einfluß durch an der Pflanze anhaftende Bodenpartikel: Hier wurde ein normaler Grasschnitt mit am Boden liegenden Mähresten verglichen, wobei die Mähreste einen deutlich höheren Bleigehalt (16,99 mg/kg in der Trockensubstanz) aufweisen, als der restliche Grasbewuchs (2,12 mg/kg in der Trockensubstanz).

Bei den Grasproben mit erhöhten Arsengehalten handelt es sich um Proben von folgenden Standorten:

VFG 4	1,3 mg/kg in der Trockensubstanz
VFG 6	1,3 mg/kg in der Trockensubstanz
VFG 7	3,2 mg/kg in der Trockensubstanz
VFG 8	5,6 mg/kg in der Trockensubstanz
VFG 10	3,0 mg/kg in der Trockensubstanz

An den Standorten VFG 7, 8 und 10 wäre der Futtermittel-Richtwert für Arsen bereits überschritten. Da es sich bei den Proben jedoch um landwirtschaftlich nicht genutzte Mähreste handelt, sondern um Proben, welche zur Demonstration des Einflusses einer Verschmutzung mit Bodenpartikeln dienen, ist das Untersuchungsergebnis bezüglich des Futtermittel-Richtwertes nicht relevant. Grasproben derselben Standorte, welche offensichtlich nicht verschmutzt waren, weisen normale Schwermetallgehalte auf.

Walchen bei Öblarn

Der überwiegende Teil des ehemaligen Kupferbergbau- und Hüttenstandortes Walchen liegt heute im Bereich forstwirtschaftlicher Nutzung. Almwirtschaftlich genutzte Grünflächen befinden sich erst im Bereich der Ramertalm, wo der Untersuchungsstandort VFG 11 eingerichtet wurde.

Untersuchungsergebnisse:

Der Standort **VFG 11** liegt auf etwa 1380 m Seehöhe und ist 2,5 – 3 km Luftlinie vom ehemaligen Bergbaugebiet entfernt.

In unmittelbarer Nähe des Hüttenstandortes wurden bei den Untersuchungen der Geologischen Bundesanstalt („Haldenkataster“) unter anderem Bleigehalte bis ca. 40.000 ppm festgestellt. Dies dürfte darauf zurückzuführen sein, dass im Zuge der Gewinnung von Kupfer und Silber zur „Verfrischung der Leche“ Bleierze verwendet wurden.

Betrachtet man nun die Ergebnisse der Untersuchung am Standort VFG 11 so findet man bei den Schwermetallen Blei, Cadmium und Quecksilber Anreicherungen im Oberboden, welche beim **Blei** so markant ist, dass sie nicht mehr durch eine diffus eingetragene ubiquitäre Umweltbelastung alleine erklärbar sind. Hier dokumentiert sich offensichtlich die frühere Belastung aus der ca. 400 Höhenmeter tiefer gelegenen Kupferhütte.

Überschreitungen der Normalwerte findet man bei den Elementen:

Pb, Cd, Hg und As.

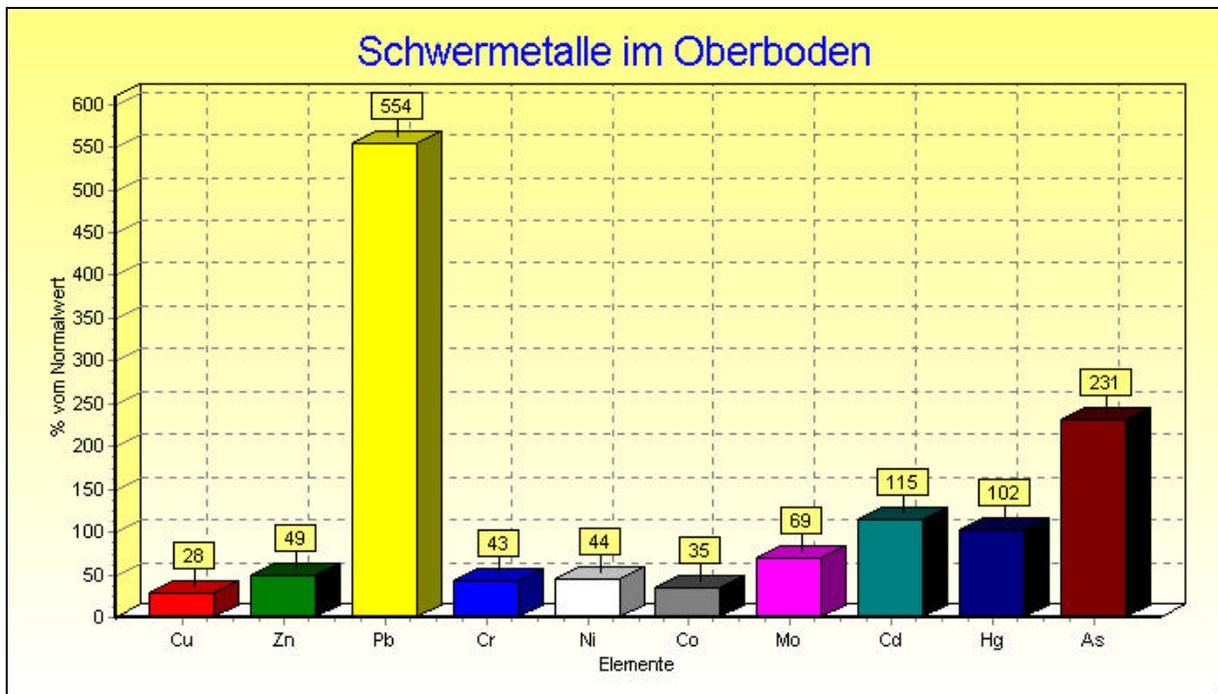
Die erhöhten Gehalte an Cadmium und Quecksilber sind minimal und durch übliche Umwelteinflüsse erklärbar.

Beim Schadstoff Arsen deutet die gleichmäßige Verteilung über alle untersuchten Bodenhorizonte auf eine geogene Herkunft hin.

Schwermetallgehalte im Bodenhorizont/Untersuchungsjahr in mg/kg (ppm): **VFG 11**

Element	0 – 5 cm 1997	0 – 5 cm 1998	5 – 20 cm 1997	20 – 50 cm 1997	Normalwert
Kupfer (Cu)	14,9	13,0	21,8	24,8	50
Zink (Zn)	70,0	67,8	74,0	76,0	140
Blei (Pb)	171,2	161,4	81,0	28,3	30
Chrom (Cr)	32,6	36,1	34,7	32,9	80
Nickel (Ni)	26,7	26,6	29,9	31,2	60
Kobalt (Co)	9,0	11,8	13,9	18,6	30
Molybdän (Mo)	1,02	1,06	1,10	1,14	1,5
Cadmium (Cd)	0,31	0,38	0,11	0,08	0,30
Quecksilber (Hg)	0,23	0,28	0,11	0,09	0,25
Arsen (As)	100,0	84,8	94,8	88,4	40

Standort VFG 11



Überschreitungen des gesetzlichen Grenzwertes findet man bei den Elementen:
Pb und As.

Der gesetzlichen Vorgabe entsprechend wurden daher **Pflanzenproben** gezogen und auf jene Schadstoffe, wo es zu Überschreitungen kommt untersucht.

Die Schwermetallgehalte der untersuchten Grasproben liegen im normalen Gehaltsbereich.

Johnsbach und Radmer an der Hasel

Beide Standorte zählen zum großen nordsteirischen Eisensteinzug und liegen in der Grauwackenzone des Paläozoikums. Neben eisenhaltigen Erzen findet man im Bereich dieser erdgeschichtlichen Zone die meisten, wenn auch nicht gerade die bergwirtschaftlich bedeutendsten Kupfererzlagerstätten.

Bemerkenswert ist, dass man hier die Spuren des frühesten Kupferbergbaues der Alpen findet, welcher auf die spätbronzezeitlichen Illyrer zurückgeht.

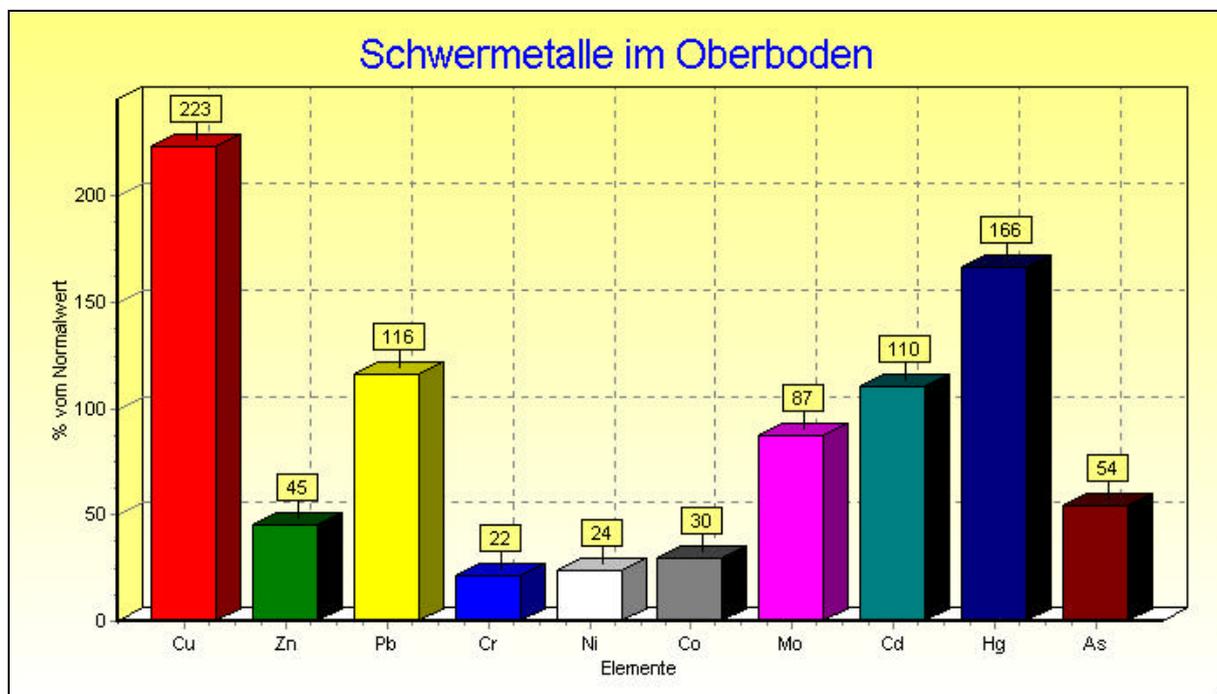
Johnsbach

Der Standort **VFH 7** wurde im Bereich eines bronzezeitlichen Kupferschmelzplatzes errichtet.

Untersuchungsergebnisse:

Überschreitungen der Normalwerte findet man bei den Elementen:
Cu, Pb, Cd und Hg.

Standort VFH 7



Die geringfügig erhöhten Gehalte von **Blei** und **Cadmium** lassen sich durch die ubiquitäre Umweltbelastung erklären.

Beim **Kupfer** und **Quecksilber** jedoch deutet die nach unten hin steigende bzw. gleichmäßige Verteilung über alle untersuchten Bodenhorizonte auf eine geogene Herkunft hin.

Anthropogene Einflüsse aus der alten Kupferschmelze sind aus den Ergebnissen nicht ableitbar.

Überschreitungen des gesetzlichen Grenzwertes findet man bei den Elementen:
Cu und As.

Der gesetzlichen Vorgabe entsprechend wurden daher **Pflanzenproben** gezogen und auf jene Schadstoffe, wo es zu Überschreitungen kommt untersucht.

Die Schwermetallgehalte der untersuchten Grasproben liegen im normalen Gehaltsbereich.

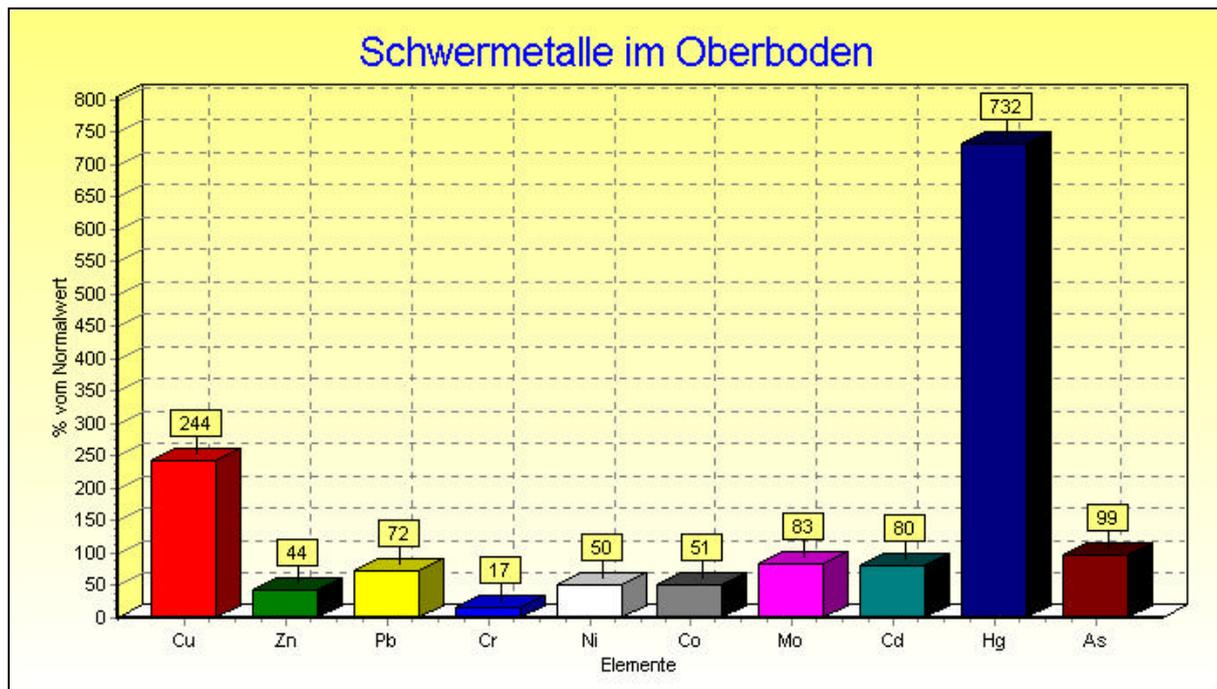
Radmer an der Hasel

Der Standort **VFH 8** befindet sich im hinteren Radmer Tal – ca. 7 km Luftlinie von der Johnsbacher Untersuchungsstelle VFH 7 entfernt. Noch deutlich lassen sich dort heute mehrere begrünte Halden als Zeugen der ehemaligen Bergbautätigkeiten erkennen.

Untersuchungsergebnisse:

Überschreitungen der Normalwerte findet man bei den Elementen:
Cu, Hg und As.

Standort VFH 8



Die Belastungssituation dieses Standortes durch **Kupfer** ist jenem in Johnsbach (VFG 7) sehr ähnlich.

Auffallend ist jedoch der deutlich erhöhte Gehalt des Bodens an **Quecksilber**. Er dürfte aber laut Profilanalyse überwiegend geogenen Ursprungs sein.

Das Element **Arsen** war nur bei der Untersuchung in einem Jahr leicht erhöht. Auch hier kann von einer geogenen Herkunft ausgegangen werden.

Auffällig hoch ist am Standort VFH 8 auch der Gehalt an „**pflanzenverfügbarem Kupfer**“ (EDTA-Extrakt). Er beträgt 74 mg /kg, wobei laut Düngerichtlinien schon ein Gehalt von mehr als 20 mg/kg als „sehr hoch“ einzustufen ist.

Überschreitungen des gesetzlichen Grenzwertes findet man bei den Elementen:
Cu und As.

Der gesetzlichen Vorgabe entsprechend wurden daher **Pflanzenproben** gezogen und auf jene Schadstoffe, wo es zu Überschreitungen kommt untersucht.

Die Schwermetallgehalte der untersuchten Grasproben liegen im normalen Gehaltsbereich.

Kalwang

Ähnlich wie im Bergbaugebiet der Walchen bei Öblarn und den beiden zuletzt besprochenen Standorten Johnsbach und Radmer, findet man auch im Teichenbachgraben bei Kalwang eine Vergesellschaftung von eisenhaltigem Erz mit Kupferkies.

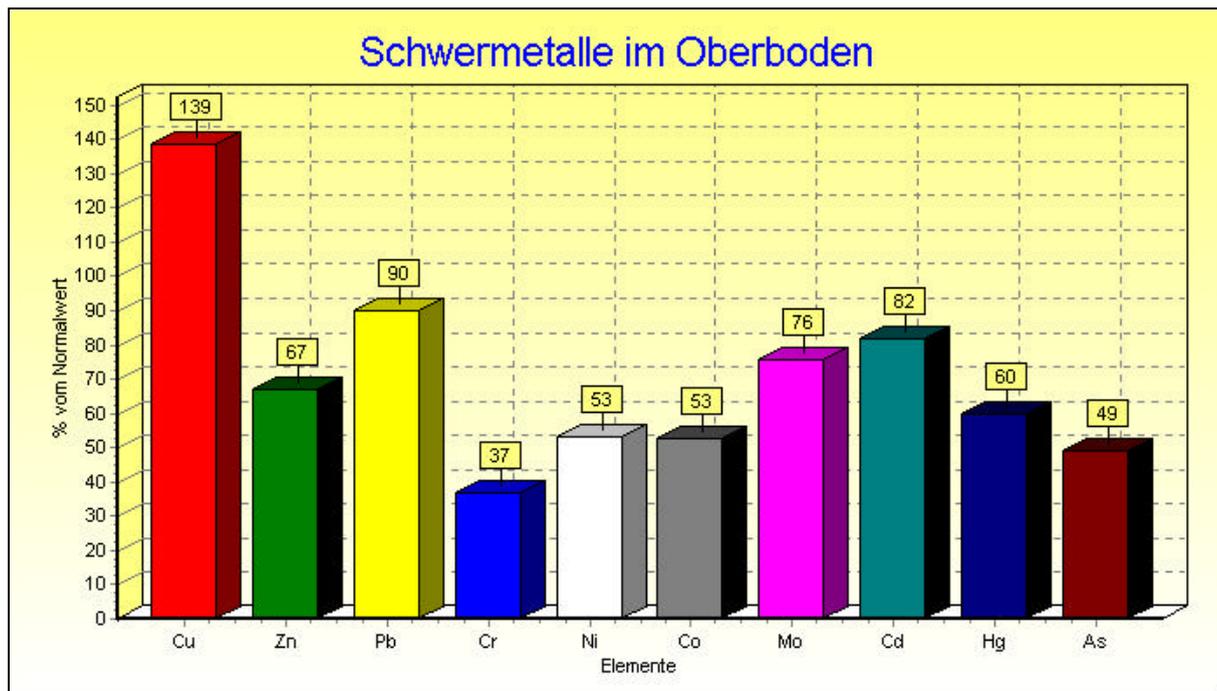
Die älteste urkundliche Erwähnung des Kupferbergbaues in „der Teichen“ stammt aus dem Jahre 1469. Die Schließung des Hüttenbetriebes erfolgte 1867. Noch in den Jahren 1916 – 1929 wurde versucht den Bergbau wieder aufzunehmen, die Hütte blieb aber geschlossen.

Der überwiegende Teil des ehemaligen Bergbau- und Hüttengebietes ist heute bewaldet, sodass der Untersuchungsstandort **VFE 7** auf einem Schwemmfächer des Teichenbaches südöstlich von Kalwang (mehrschnittige Wiese) eingerichtet wurde.

Untersuchungsergebnisse:

Überschreitungen des Normalwertes findet man beim Element: Cu.

Standort VFE 7



Der **Kupfergehalt** des Bodens ist leicht erhöht (ca. 70 ppm Cu), was auf die Beimengung von erzhaltigem Schwemmmaterial des Teichenbaches rückschließen lässt. Die ca. 1 km nordwestlich des Standortes VFE 7 gelegene alte Untersuchungsstelle LEO 6, welche sich vor der Einmündung des Teichenbaches befindet, weist deutlich niedrigere Kupfergehalte um 30 ppm auf.

Die übrigen Schwermetallgehalte des Standortes VFE 7 weisen keine nennenswerten Besonderheiten auf.

Überschreitungen des gesetzlichen Grenzwertes findet man beim Element: As.

Der gesetzlichen Vorgabe entsprechend wurden daher **Pflanzenproben** gezogen und auf ihren Arsengehalt hin untersucht.

Der Arsengehalt der untersuchten Grasproben liegt im normalen Gehaltsbereich.

Als überhöht sind an diesem Standort auch die Bodengehalte an **polycyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAH)** anzusprechen. Die PAH-Summe liegt bei ca. 600 ppb (ng/g) im Oberboden. Als ubiquitäre Belastung gelten PAH-Gehalte unter 200 ppb, Werte über 500 sind als stark belastet einzustufen.

Es ist jedoch fraglich, ob die PAH-Belastung in einem Zusammenhang mit den Bergbautätigkeiten der Region steht, oder ob nicht andere Ursachen, wie Straßenverkehr oder Hausbrand die Belastungen hervorgerufen haben.

Oberzeiring

Bereits im Bodenschutzbericht 1994 wurde bei den Untersuchungen im 4x4 km – Raster der Steiermark festgestellt, dass der Standort **JUA 10** in Oberzeiring bei mehreren Schwermetallen erhöhte Bodengehalte aufweist. Besonders beim Element Arsen wurden mit Werten über 400 ppm die zum damaligen Zeitpunkt höchsten in der Steiermark gemessenen Gehalte festgestellt.

Dieses Ergebnis war unter anderem ein Grund das Ausmaß der heutigen Bodenbelastungen im alten Bergbaugebiet Oberzeiring näher zu untersuchen.

Das Hauptaugenmerk der mittelalterlichen Hüttenproduktion in Oberzeiring galt ausschließlich der Erzeugung von Silber durch oxidierendes Schmelzen von Bleierzen. Der Beginn der Bergbautätigkeiten dürfte am Anfang des 13. Jahrhunderts liegen. Die Münzstätte Zeiring dürfte um 1284 als Schwesterprägestätte zur „Grazer Münze“ gegründet worden sein, was auch als erster Hinweis auf die Verhüttung der Erze in Oberzeiring gelten kann. Durch einen Wassereinbruch mit katastrophalen Folgen fand im Jahr 1361 der Bergbau ein abruptes Ende.

Der Betrieb der Schmelzöfen wurde aber zum Teil mit zugeliefertem Erz weitergeführt. Ein Versuch die alten Schlackenhalde neu zu überschmelzen wurde wegen des zu geringen Silbergehaltes wieder eingestellt. In den Jahren 1591 – 1598 wandte man sich verstärkt der Kupfergewinnung zu. 1698 wurde ein Hüttenofen zur Gewinnung von Eisen erbaut. 1886 wurden die industriellen Tätigkeiten endgültig eingestellt.

Die genaue Lage der mittelalterlichen Schmelzöfen ist heute nicht mehr bekannt. Vermutete Standorte liegen im verbauten westlichen Ortsgebiet von Oberzeiring. Das Material der ehemaligen Schlackenhalde wurde über Jahre hinweg als Straßenschotter verwendet.

Es wurden in der Region Oberzeiring und Umgebung folgende 6 Standorte eingerichtet:

- VFE 1: Grünlandstandort in Nähe des letzten Hochofens zur Eisengewinnung am Pölsbach bei Unterzeiring.
- VFE 2: Grünlandstandort in Nähe eines Stollens im Pölstal westlich von Unterzeiring.
- VFE 3: Grünlandstandort vor dem Franziskistollen westlich von Oberzeiring (der alte Rasterstandort JUA 10 liegt ca. 170 Höhenmeter oberhalb des Stolleneingangs in einem Wiesenhang).
- VFE 4: Grünlandstandort ca. 70 m südlich von VFE 3, aber jenseits des Blahbaches.
- VFE 5: Grünlandstandort nördlich von Oberzeiring in ca. 1140 m Seehöhe.
- VFE 6: Auboden aus Schwemmmaterial des Blahbaches, welches eventuell durch Schadstoffe aus den alten Schmelzöfen und Schlackenhalde beeinflusst ist; nordöstlich von Oberzeiring.

Untersuchungsergebnisse:

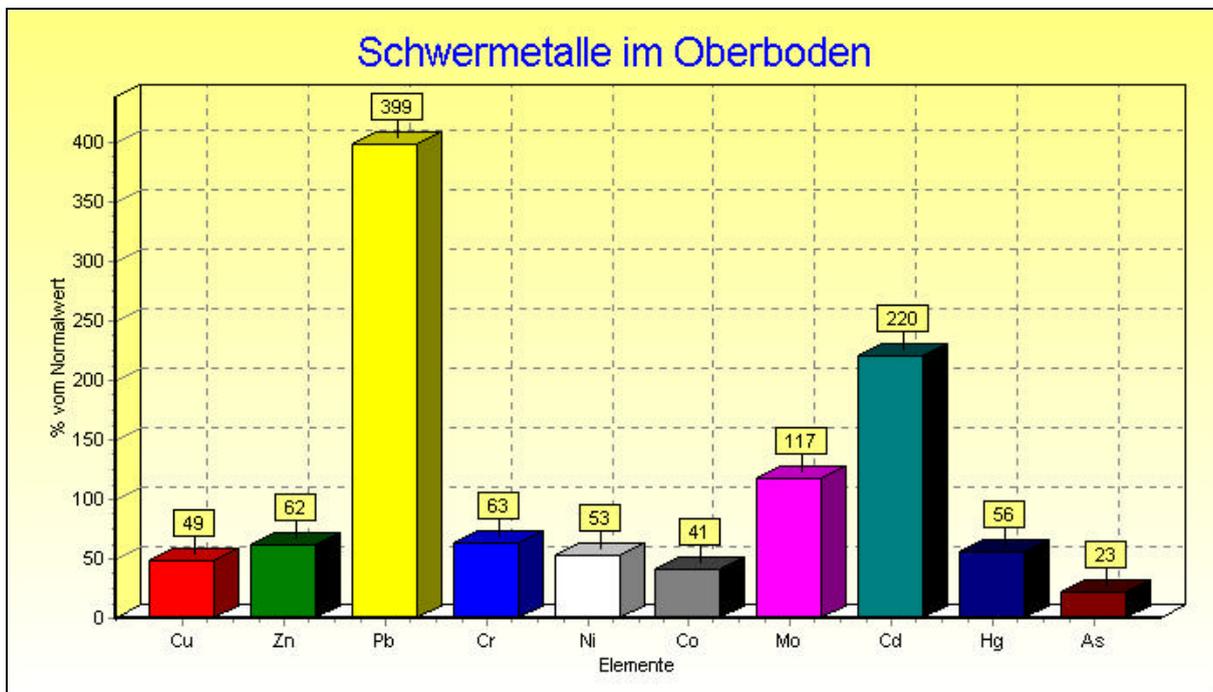
Überschreitungen der Normalwerte findet man bei den Elementen:

- VFE 1: Pb, Mo, Cd
- VFE 2: Zn, Pb, Cd, Hg
- VFE 3: Cu, Zn, Pb, Mo, Cd, Hg, As
- VFE 4: Pb, Mo, Cd
- VFE 5: Cu, Zn, Pb, Cr, Ni, Mo, Cd, As
- VFE 6: Cu, Pb, Mo, Cd, As

Der Standort **VFE 1** weist erhöhte Werte an Blei, Molybdän und Cadmium auf, welche im Oberboden angereichert sind.

Auf Grund der großen Differenz der Schwermetallgehalte zwischen Ober- und Unterboden kann vor allem beim **Blei** angenommen werden, dass der anthropogene Anteil nicht nur aus der heute üblichen Umweltbelastung resultiert, sondern auch eine „Altlast“ aus den Emissionen des ehemaligen Eisenschmelzofens beinhaltet.

Standort VFE 1



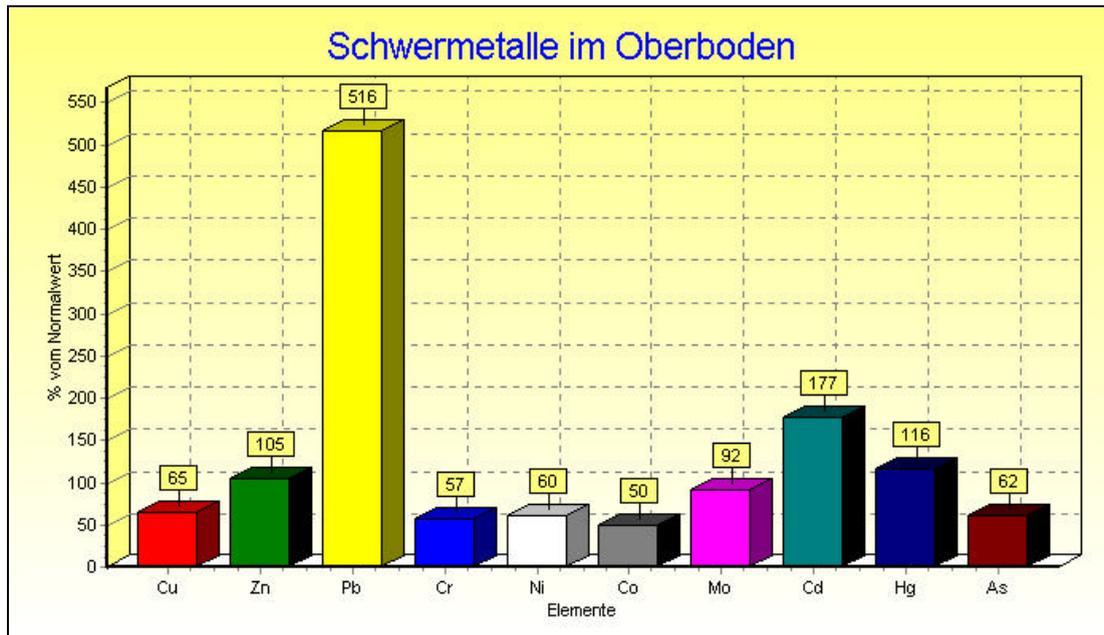
Beim ca. 1,3 km entfernten Standort **VFE 2** ist die Herkunft der überhöhten Schwermetallgehalte anders zu erklären.

Zink und Cadmium sind hier im Oberboden in so geringem Maß angereichert, dass eine diffus eingetragene Umweltbelastung als Ursache angenommen werden kann.

Die erhöhten Quecksilberwerte sind minimal und überwiegend geogen bedingt.

Der stark überhöhte **Bleigehalt** des Bodens ist annähernd gleichmäßig über alle untersuchten Bodenhorizonte verteilt und daher als überwiegend geogen erklärbar.

Standort VFE 2



Die beiden Untersuchungsstellen **VFG 3 und 4** sind nur ca. 70 m voneinander entfernt, aber durch den Blahbach morphologisch getrennt. Das bodenbildende Ausgangsmaterial ist bei dem in Nähe des Franziskistollens gelegenen Standorts VFE 3 Hangschutt aus dem oberhalb gelegenen Bergbauareal, beim Punkt VFE 4 Schwemmmaterial des Baches aus dem von Schwermetallen relativ unbelasteten Hinterland.

Der Vergleich der Schwermetallgehalte der beiden Standorte zeigt, wie eng lokal begrenzt Bodenbelastungen auftreten können. So weist der Standort VFE3 bei mehreren Schadstoffen Extremwerte auf, die Werte des Punktes VFE 4 sind von geringfügigen ubiquitären Umweltbelastungen (Pb, Mo, Cd) abgesehen unauffällig.

Vergleich der Schwermetallgehalte (in mg/kg des Oberbodens) der Standorte VFE 3 und VFE 4:

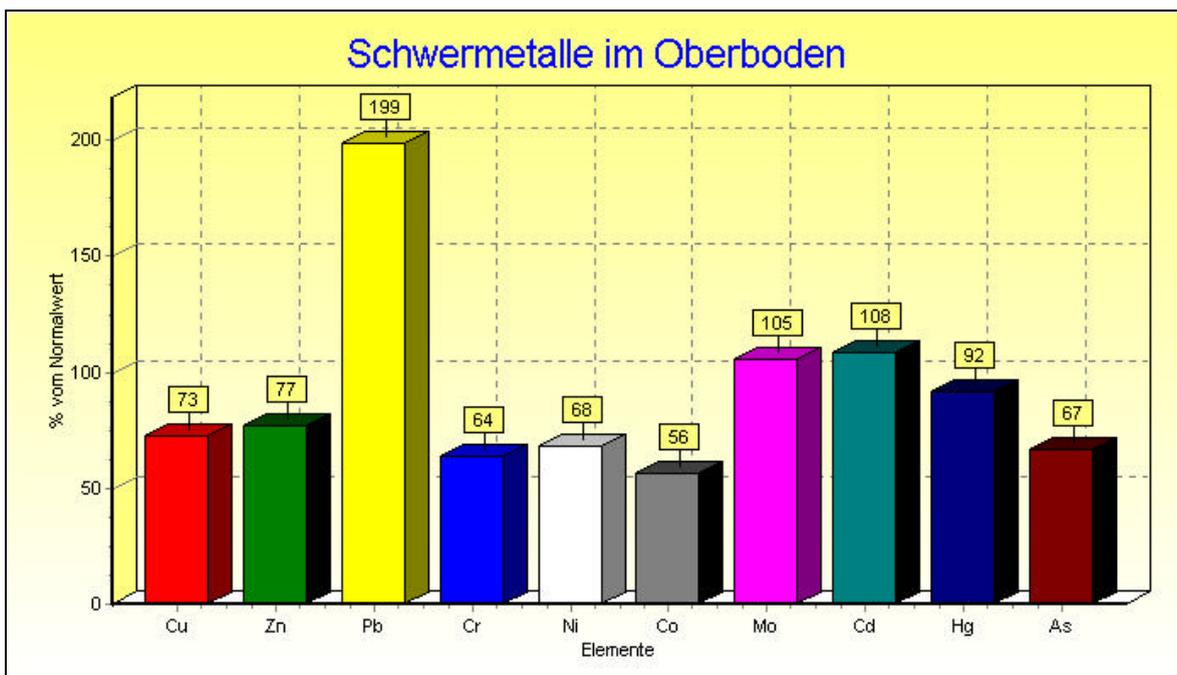
Element	VFE 3	VFE 4
Kupfer (Cu)	227,0	36,5
Zink (Zn)	306,1	107,9
Blei (Pb)	8769,2	59,6
Chrom (Cr)	40,7	50,9
Nickel (Ni)	30,0	40,8
Kobalt (Co)	15,9	16,9
Molybdän (Mo)	2,32	1,58
Cadmium (Cd)	1,48	0,33
Quecksilber (Hg)	1,25	0,23
Arsen (As)	347,5	26,6

Standort VFE 3



Der Bleigehalt des Standortes VFE 3 ist der höchste, der bisher in der Steiermark festgestellt wurde. Er erreicht im Unterboden einen Gehalt von beinahe **2 % Blei** ! Die oben dargestellten Gehalte im Oberboden entsprechen einer ca. 300-fachen Überschreitung des Normalwertes, sodass in der Diagrammdarstellung die ebenfalls extremen Gehalte an **Kupfer, Cadmium, Quecksilber** und **Arsen** optisch untergehen. Die Schwermetallverteilung des Standortes VFE 4 präsentiert sich dagegen vergleichsweise „normal“.

Standort VFE 4



Die hohen Schwermetallgehalte des Standortes VFE 3 steigen zum Unterboden hin noch weiter an, was die geogene Herkunft und das Erzreichtum des Gebietes dokumentiert.

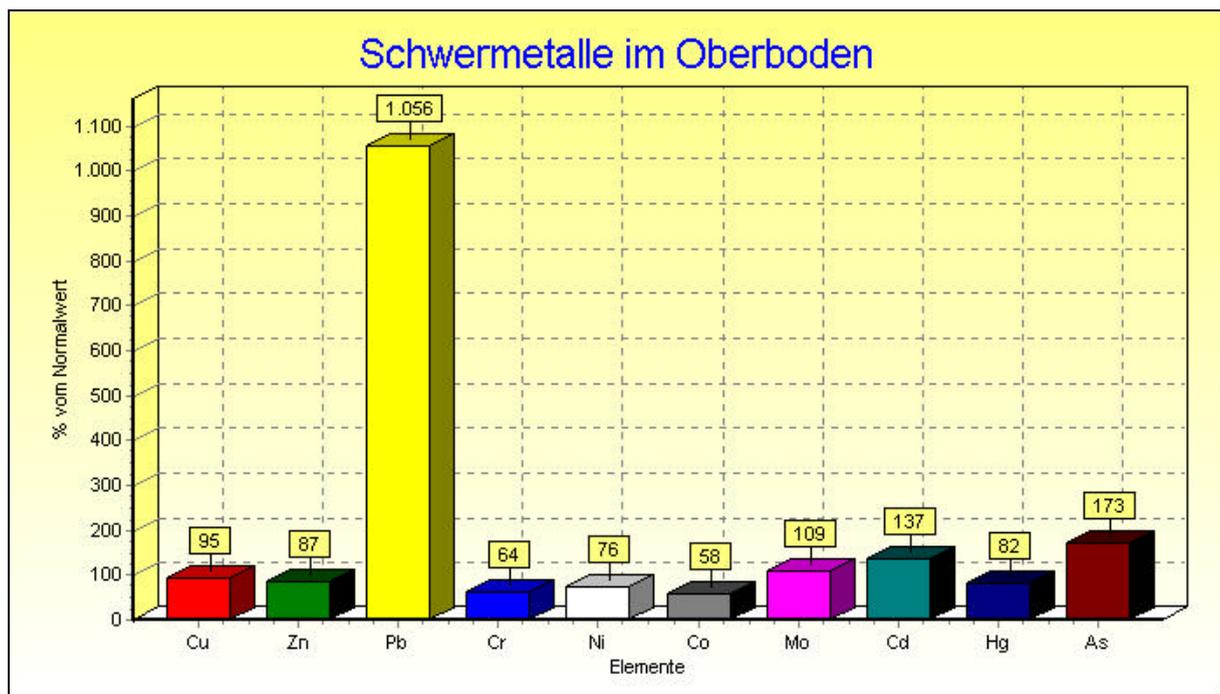
Auffällig hoch ist am Standort VFE 3 auch der Gehalt an „**pflanzenverfügbarem Kupfer**“ (EDTA-Extrakt). Er beträgt 77 mg /kg, wobei laut Düngerichtlinien schon ein Gehalt von mehr als 20 mg/kg als „sehr hoch“ einzustufen ist.

Es ist anzunehmen, dass vom Blahbach im Laufe der Zeit immer wieder erzhaltiges Material mittransportiert und wieder sukzessive abgelagert wurde.

Aus diesem Grund wurde etwa 2 km talabwärts der Standort **VFE 6** eingerichtet. Er könnte auch Schwermetalle aus den vermuteten Verhüttungsanlagen im heutigen Ortsgebiet von Oberzeiring aufweisen.

Diese Vermutung wird durch die Untersuchungsergebnisse bestätigt. Neben relativ niedrigen Normalwertüberschreitungen bei den Elementen Kupfer (nur im Unterboden), Molybdän, Cadmium und Arsen weist der Standort beim Schadstoff **Blei** eine ca. 10-fache Überschreitung des Normalwertes auf.

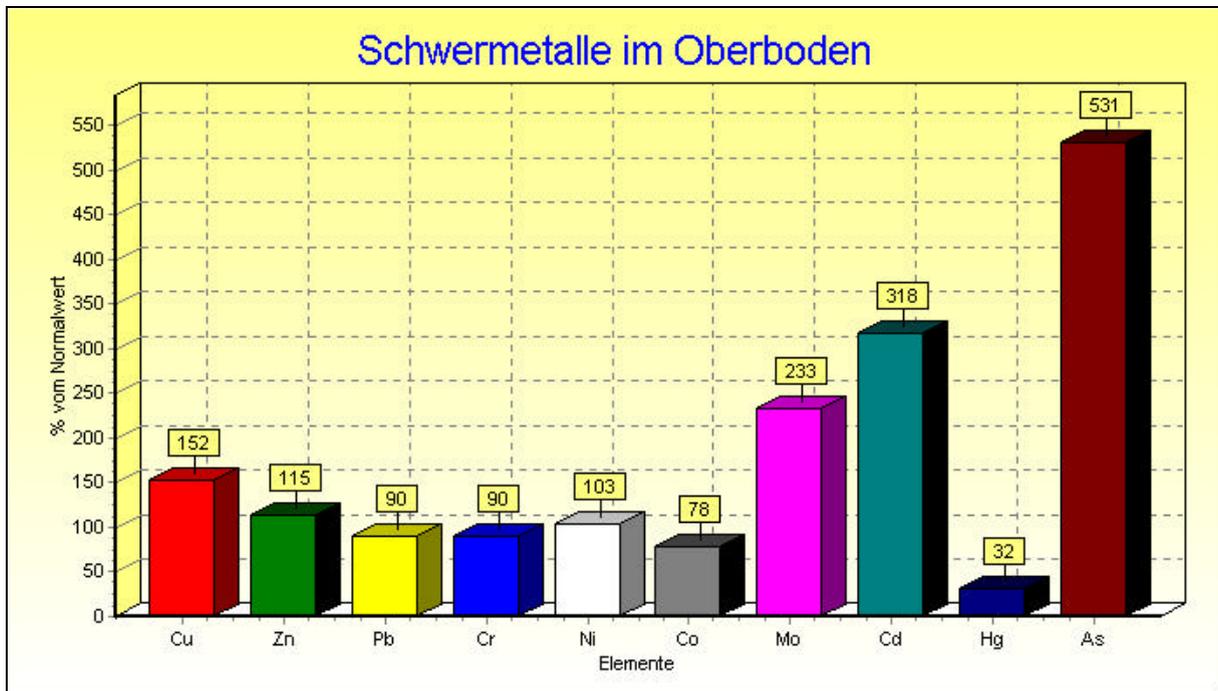
Standort VFE 6



Zur weiteren Charakterisierung des Bergbaugebietes wurde auch im Abbaubereich oberhalb des Ortes Oberzeiring eine weitere Untersuchungsstelle (**VFE 5**) eingerichtet.

Die dominierende Bodenbelastung ist hier das Element **Arsen**, aber auch alle übrigen bestimmten Schwermetalle außer Kobalt und Quecksilber weisen zumindest im Unterboden erhöhte Gehalte auf.

Standort VFE 5



Überschreitungen des gesetzlichen Grenzwertes findet man bei den Elementen:

- VFE 1: Pb
- VFE 2: Pb, As
- VFE 3: Cu, Zn, Pb, Cd, As
- VFE 4: As
- VFE 5: Ni, As
- VFE 6: Pb, As

Der gesetzlichen Vorgabe entsprechend wurden daher **Pflanzenproben** gezogen und auf jene Schadstoffe, wo es zu Überschreitungen kommt untersucht.

An allen Standorten außer am Punkt VFE 3 liegen die Schwermetallgehalte der untersuchten Grasproben im normalen Gehaltsbereich.

An der Untersuchungsstelle **VFE 3** konnten aus zeitlichen Gründen nur Grasproben kurz nach der Mahd gezogen werden. Die erste untersuchte Probe waren kurze Grasreste von 2-10 cm Länge, als zweite Grasprobe wurden die am Boden liegenden Mähreste herangezogen. Beide Proben sind mit Bodenpartikeln kontaminiert.

Der Boden des Standortes weist beim **Blei** die höchsten Gehalte auf, welche bisher festgestellt wurden. Dementsprechend hoch waren auch die gemessenen Pflanzengehalte (35 und 61 mg/kg Trockensubstanz).

Auch beim **Arsen** führen die hohen Bodengehalte zu hohen Gehalten in den Grasproben (2,2 und 5,1 mg/kg Trockensubstanz).

Die Schwermetallgehalte an Kupfer, Zink und Cadmium, welche im Boden nicht so stark erhöht sind, weisen auch in den untersuchten Pflanzenproben trotz der Kontamination noch normale Werte auf.

Eine Bewertung dieser Ergebnisse nach den Futtermittel-Richtwerten ist nicht statthaft, da die beiden Proben in der untersuchten Form nicht landwirtschaftlich genutzt werden. Eine Kontrolle des zu Futterzwecken verwendeten Grasschnittes des Untersuchungsstandortes VFE 3 wird noch nachträglich durchgeführt werden.

Arzwaldgraben, Rabenstein und Deutschfeistritz

Bei den Lagerstätten Arzwaldgraben und Rabenstein handelt es sich um eine Blei – Zink – Vererzung, wie sie im Grazer Paläozoikum häufig vorkommt. In Deutschfeistritz befand sich eine Schmelzhütte zur Gewinnung von Blei und Silber.

Arzwaldgraben

Das Bergbaugebiet Arzwaldgraben liegt ca. 2 km nördlich des Ortes Waldstein. Es erstreckt sich vom Arzwaldgraben in nordöstlicher Richtung den Schenkenberg hinauf. Der Beginn des Bergbaues dürfte im 16. Jahrhundert gewesen sein – die Betriebsdauer reichte bis ins 20. Jahrhundert.

Zur Untersuchung des Gebietes wurden vom ehemaligen Erbstollen im Arzwaldgraben ausgehend auf einer Linie in nordöstlicher Richtung den Schenkenberg hinauf folgende Standorte eingerichtet:

- VFE 8: Weide auf ca. 680 m Seehöhe.
- VFE 9: Weide neben Erbstollen und der angrenzenden Halde (ca. 540 m Seehöhe).
- VFE 10: Weide auf ca. 750 m Seehöhe.
- VFE 11: Ca. 30 m neben Standort VFE 10, aber mitten auf einer begrünten Halde.

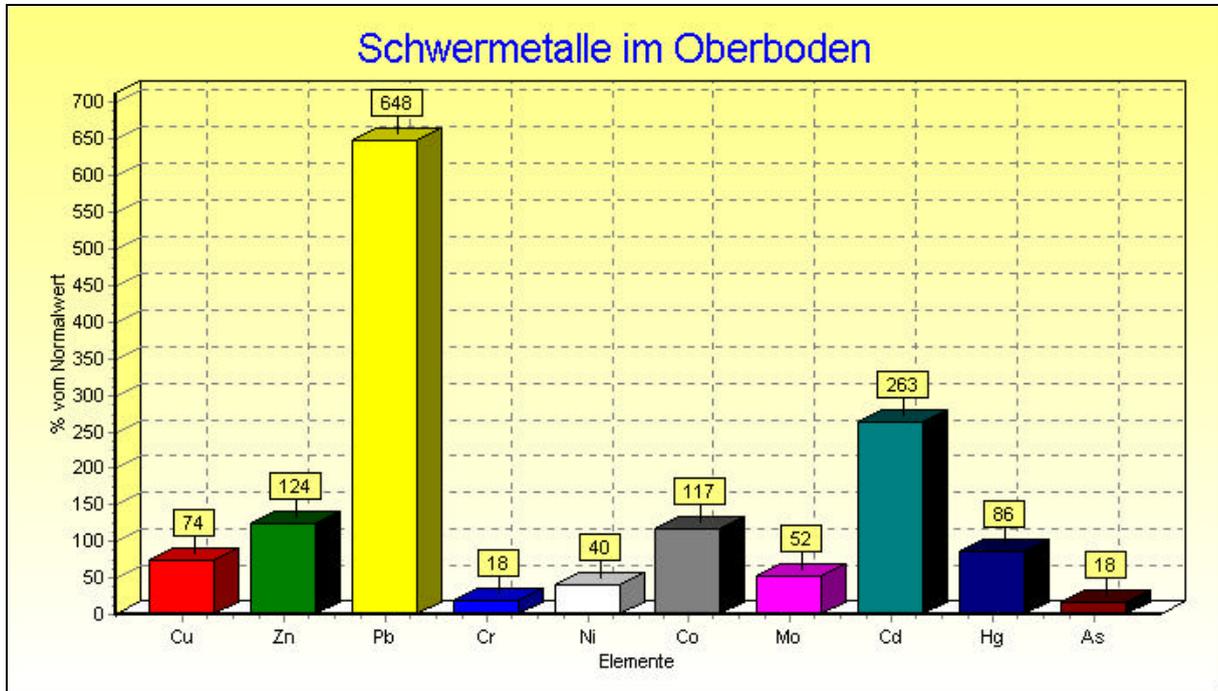
Untersuchungsergebnisse:

Überschreitungen der Normalwerte findet man bei den Elementen:

- VFE 8: Zn, Pb, Co, Cd
- VFE 9: Zn, Pb, Cr, Ni, Co, Cd, Hg
- VFE 10: Cu, Zn, Pb, Ni, Co, Cd, Hg, As
- VFE 11: Cu, Zn, Pb, Mo, Cd, Hg, As

Die erhöhten Schwermetallgehalte des Standortes **VFE 8** lassen sich im Falle des **Zink** und **Cadmium** durch die allgemeinen Umwelteinflüsse erklären, beim **Kobalt** und **Blei** sind sie hauptsächlich geogen bedingt.

Standort VFE 8



Beim Standort **VFE 9**, der in der Nähe des Erbstollens gelegen ist, übersteigen fast alle Schwermetalle den Normalwert. Nur die Elemente Kupfer, Molybdän und Arsen sind in allen untersuchten Bodenhorizonten unauffällig.

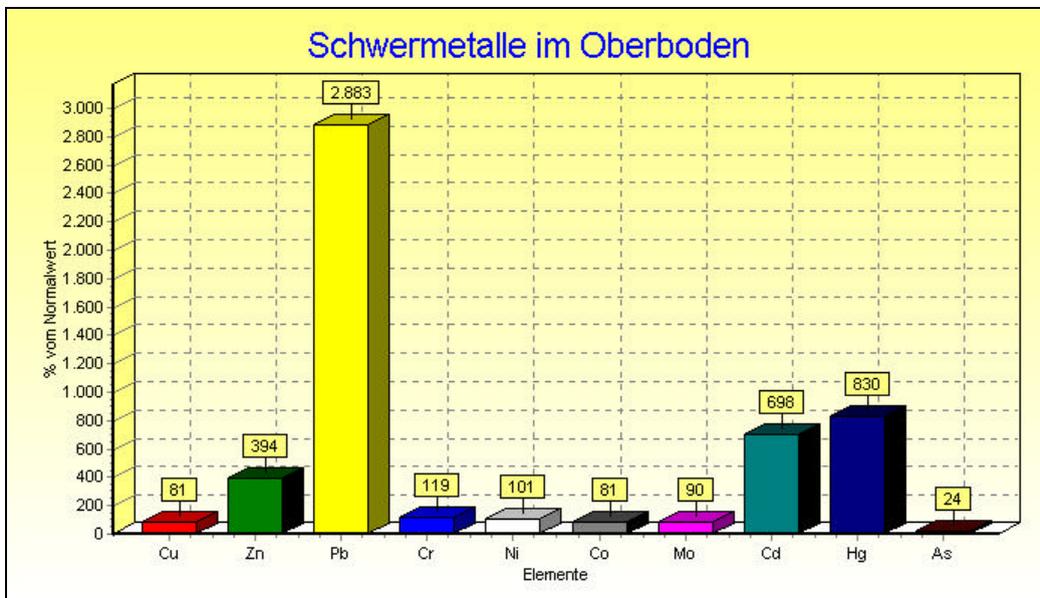
Prinzipiell sind die geogenen Grundgehalte des Bodens schon stark überhöht, beim **Zink**, **Blei** und **Cadmium** ist zusätzlich eine Anreicherung im Oberboden festzustellen, welche offensichtlich auf die Bergbautätigkeiten zurückzuführen ist.

Auffällig ist an diesem Standort auch der extrem hohe Gehalt an **Quecksilber**, was im Vergleich mit den bisherigen Untersuchungsergebnissen relativ selten zu beobachten ist.

Schwermetallgehalte im Bodenhorizont/Untersuchungsjahr in mg/kg (ppm): **VFE 9**

Element	0 – 5 cm 1997	0 – 5 cm 1998	5 – 20 cm 1997	20 – 50 cm 1997	Normalwert
Kupfer (Cu)	41,7	39,2	45,7	33,3	50
Zink (Zn)	544,0	559,1	488,0	400,0	140
Blei (Pb)	868,0	861,8	772,0	646,0	30
Chrom (Cr)	102,8	87,1	113,8	74,5	80
Nickel (Ni)	60,1	61,4	65,7	51,6	60
Kobalt (Co)	24,6	23,8	30,7	23,2	30
Molybdän (Mo)	1,36	1,35	1,45	1,09	1,5
Cadmium (Cd)	2,01	2,18	1,79	1,39	0,30
Quecksilber (Hg)	2,05	2,10	1,75	1,48	0,25
Arsen (As)	9,9	9,0	9,2	11,5	40

Standort VFE 9



Die beiden Standorte **VFE 10 und 11** liegen im oberen Bereich des Bergbaugesbietes und sind nur 30 m voneinander entfernt. Das Ausgangsmaterial des Standortes VFE 10 ist Hangschutt aus dem Grazer Paläozoikum, der Punkt VFE 11 liegt mitten auf einer begrünten Halde. Es wurden bei der Einrichtung der Untersuchungsstellen kleinsträumige Unterschiede im Schwermetallgehalt der Böden vermutet und zwar derart, dass der Schwermetallgehalt des Haldestandortes deutlich höher liegt als der des ortsüblichen Bodens.

Aus dem Vergleich der Oberböden der nachstehenden Tabelle ist jedoch zu entnehmen, dass beide Standorte extrem starke Belastungen aufweisen, aber manchmal findet man beim einen, manchmal beim anderen Punkt höhere Schwermetallgehalte.

Daraus ist abzuleiten, dass beide bodenbildenden Ausgangsmaterialien eine unterschiedliche Mineralzusammensetzung besitzen, wobei jeweils ein anderes Schwermetall dominiert.

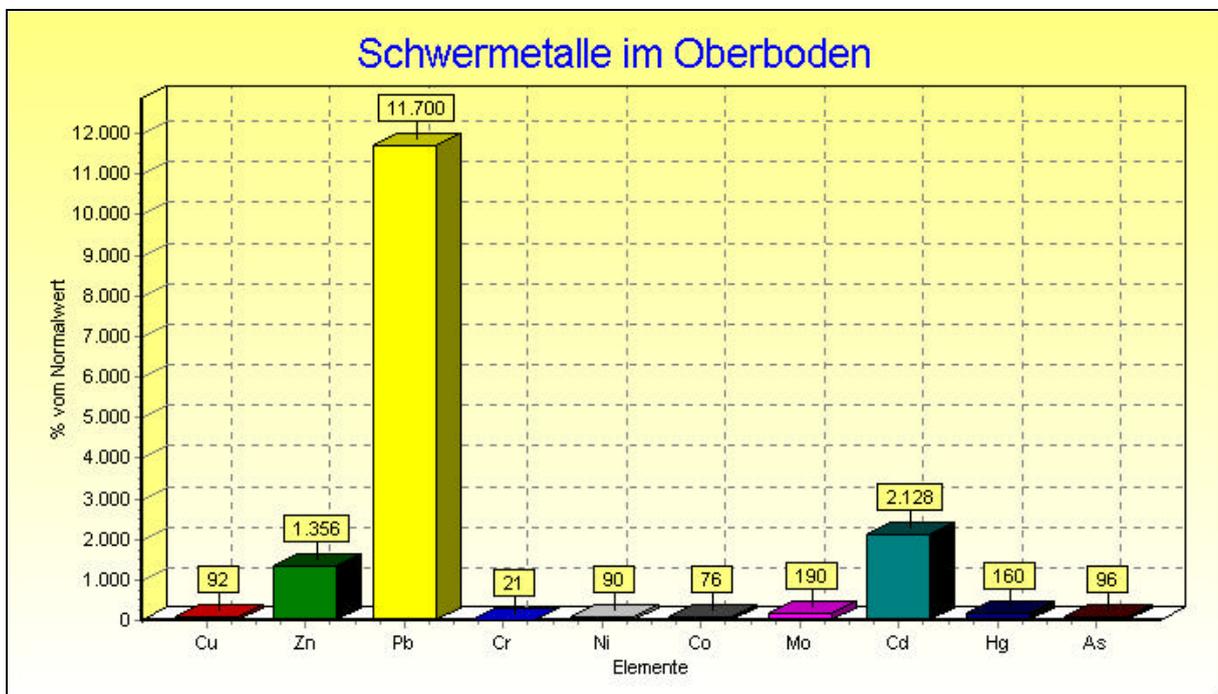
Vergleich der Schwermetallgehalte (in mg/kg im Oberboden) der Standorte VFE 10 und VFE 11 (Halde):

Element	VFE 10	VFE 11
Kupfer (Cu)	49,8	46,0
Zink (Zn)	964,0	1898,0
Blei (Pb)	6144,9	3509,8
Chrom (Cr)	40,5	17,1
Nickel (Ni)	83,3	53,9
Kobalt (Co)	49,2	22,8
Molybdän (Mo)	0,83	2,85
Cadmium (Cd)	3,64	6,38
Quecksilber (Hg)	0,64	0,40
Arsen (As)	41,6	38,4

Standort VFE 10



Standort VFE 11 (Halde)



Auffällig hoch sind an den beiden Standorten VFE 10 und 11 auch die Gehalte an „**pflanzenverfügbarem Zink**“ (EDTA-Extrakt). Sie betragen 126 bzw. 557 mg/kg, wobei laut Düngerichtlinien schon ein Gehalt von mehr als 20 mg/kg als „sehr hoch“ einzustufen ist.

Überschreitungen des gesetzlichen Grenzwertes findet man bei den Elementen:

VFE 8:	Pb
VFE 9:	Zn, Pb, Cr, Ni, Cd, Hg
VFE 10:	Zn, Pb, Ni, Co, Cd, As
VFE 11:	Zn, Pb, Cd, As

Der gesetzlichen Vorgabe entsprechend wurden daher **Pflanzenproben** gezogen und auf jene Schadstoffe, wo es zu Überschreitungen kommt untersucht.

Die Schwermetallgehalte der untersuchten Grasproben liegen meist im normalen Gehaltsbereich.

Nur an den beiden Standorten **VFE 10** und **11** findet man bei jeweils einer Grasprobe leicht erhöhte Gehalte an **Blei** bzw. **Cadmium**.

VFE 10	5,99 und 7,39 mg Blei / kg in der Trockensubstanz
VFE 11	0,52 und 0,33 mg Cadmium / kg in der Trockensubstanz

Normale Pflanzengehalte wären: 0,1 – 6 mg/kg Blei und 0,05 – 0,4 mg/kg Cadmium.

Es kommt zu keinen Überschreitungen der Futtermittel-Richtwerte.

Rabenstein

Dieses Bergbauggebiet stellt geologisch die Fortsetzung jenes vom Arzwaldgraben dar und liegt auf der Murtalseite des Schenkenberges. Die Bergbautätigkeiten beider Gebiete sind eng miteinander verknüpft.

Das ehemalige Abbauggebiet ist heute fast ausschließlich forstwirtschaftlich genutzt.

Als Untersuchungsstandorte wurden eine nahe gelegene Wiese (**VFE 13**) und eine Grünfläche in der Nähe der alten Aufbereitungsanlage gewählt (**VFE 12**).

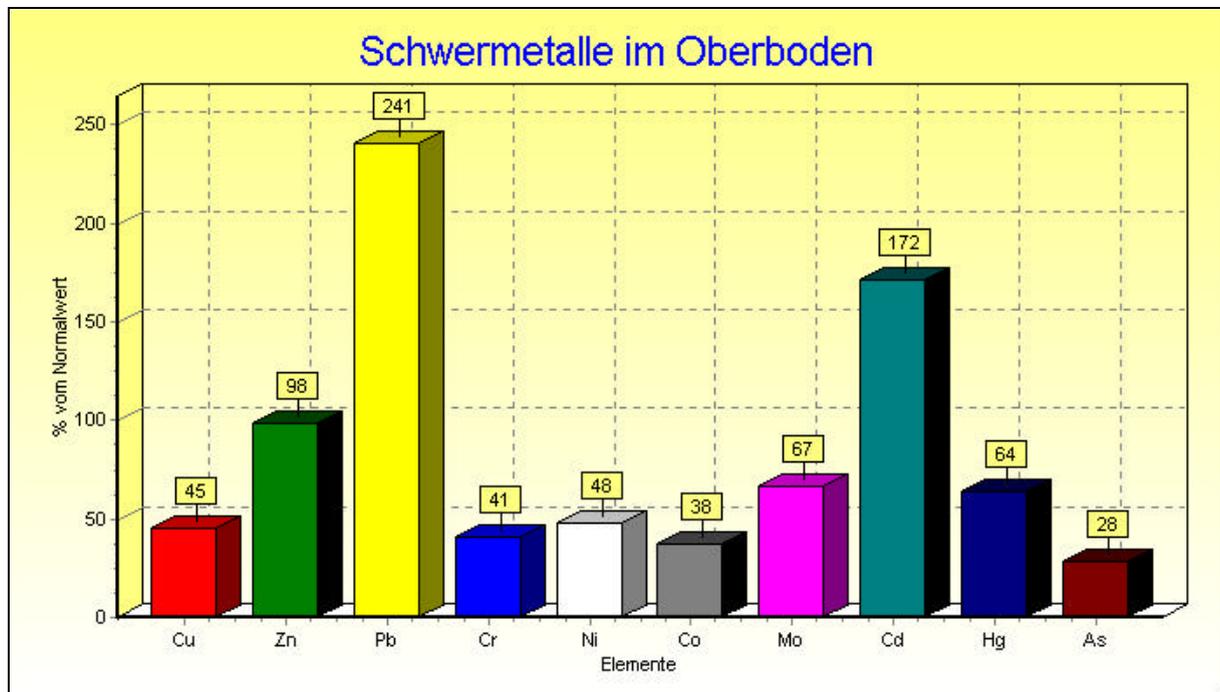
Untersuchungsergebnisse:

Überschreitungen der Normalwerte findet man bei den Elementen:

VFE 12:	Zn, Pb, Mo, Cd
VFE 13:	Cu, Zn, Pb, Co, Mo, Cd, Hg

Die erhöhten Schwermetallgehalte des Standortes **VFE 12** sind laut Profilanalyse überwiegend geogen bedingt. Sie sind für ein Bergbauggebiet unerwartet niedrig und im Fall des Zink und Molybdän nur auf den Unterboden beschränkt. Einflüsse der ehemaligen Aufbereitungsanlage sind nicht erkennbar.

Standort VFE 12



Als stark überhöht sind beim Standort **VFE 12** jedoch die Bodengehalte an **polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAH)** anzusprechen. Die PAH-Summe liegt bei ca. 600 ppb (ng/g) im Oberboden und steigt zum Unterboden hin auf über 5000 ppb an. Dies ist ungewöhnlich, läßt sich aber durch die bodenkundlich festgestellten anthropogenen Veränderungen des Bodens erklären. Der ursprünglich am Standort bodenbildende Hangschutt wurde im Laufe der Geschichte durch feines Schwemmmaterial der Mur überlagert und zusätzlich anthropogen verändert. Eine Differenzierung der Herkunft der Bodenbelastungen (Bergbau – belastetes Schwemmmaterial der Mur) ist heute nur schwer möglich.

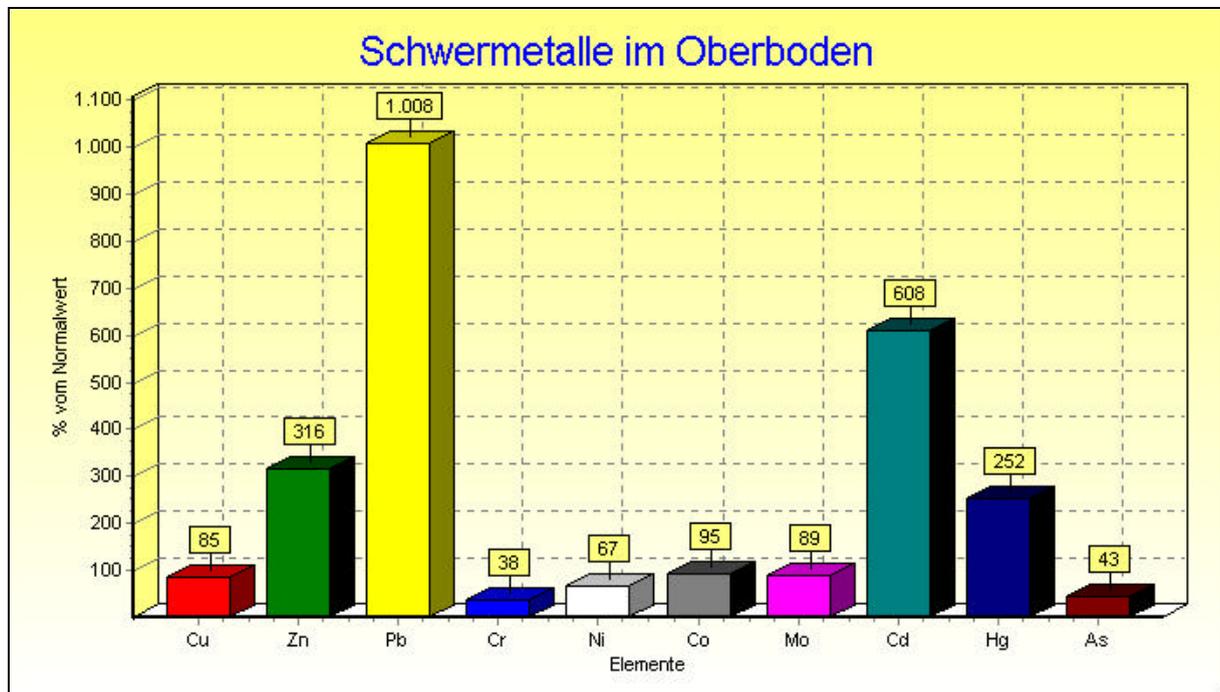
Als ubiquitäre Belastung gelten PAH-Gehalte unter 200 ppb, Werte über 500 sind als stark belastet einzustufen.

Beim Standort **VFE 13** ist der Bodenzustand völlig anders zu beurteilen. Neben geogen bedingten, geringfügigen Normalwertüberschreitungen im Unterboden bei den Elementen Kupfer, Kobalt und Molybdän, sowie einem gleichmäßig in allen Bodenhorizonten erhöhten Quecksilbergehalt, findet man bei den Schwermetallen **Zink**, **Blei** und **Cadmium** deutlich erhöhte Werte.

Diese Elemente weisen auch eine markante Anreicherung der Gehalte im Oberboden auf, was neben dem erhöhten geogenen Background auf den anthropogenen Einfluß der Bergbautätigkeiten in der Region rückschließen läßt.

Die **PAH-Gehalte** des Bodens sind mit 200-300 ppb im Oberboden nur leicht erhöht.

Standort VFE 13



Überschreitungen des gesetzlichen Grenzwertes findet man nur am Untersuchungsstandort VFE 13 bei den Elementen: Zn, Pb, As.

Der gesetzlichen Vorgabe entsprechend wurden daher **Pflanzenproben** gezogen und auf jene Schadstoffe, wo es zu Überschreitungen kommt untersucht.

Die untersuchten Grasproben weisen bei allen kontrollierten Schwermetallen normale Gehalte auf.

Deutschfeistritz

Das Areal der ehemaligen Schmelzhütte (Blei und Silber) liegt ca. 600 m westlich von Deutschfeistritz in einer Schlinge des Übelbaches. Sie wurde vermutlich nur kurz in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts betrieben. Später wurde auf dem Areal der Kleinhammer eines Sensenwerkes errichtet, welcher in späterer Zeit durch ein noch heute in Betrieb befindliches Sägewerk ersetzt wurde.

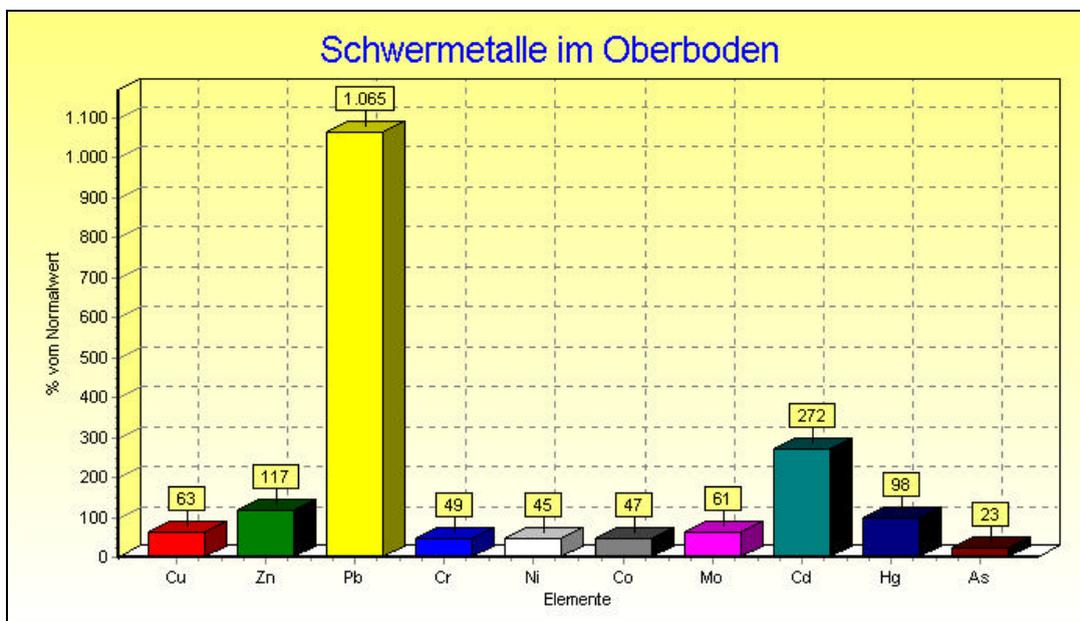
Da das ehemalige Hüttenareal heute verbaut ist, wurde im benachbarten Wechselland (bis Ende 1998 Wiese – 1999 Maisacker) der Untersuchungsstandort **VFE 14** eingerichtet.

Untersuchungsergebnisse:

Überschreitungen der Normalwerte findet man bei den Elementen: Zn, Pb, Cd.

Die erhöhten Schwermetallgehalte des Standortes **VFE 14** weisen deutliche Anreicherungen im Oberboden auf, welche vor allem beim stark erhöhten **Blei** auf einen anthropogenen Einfluß aus der ehemaligen Schmelzhütte rückschließen lassen.

Standort VFE 14



Überschreitungen des gesetzlichen Grenzwertes findet man beim Element: Blei.

Der gesetzlichen Vorgabe entsprechend wurden daher **Pflanzenproben** gezogen und auf ihren Bleigehalt hin untersucht.

Die **Bleigehalte** der untersuchten Maispflanze – Stengel, Hüllblätter und Kolben wurden getrennt analysiert – weisen durchwegs „normale“ Werte auf.

Arzberg – Haufenreith

Dieses Bergbaugesamt zählt ebenso, wie die zuvor besprochenen, zu den Blei- und Zink – Bergbauen des Grazer Paläozoikums. Der Beginn der Bergbautätigkeiten geht bis ins auslaufende Mittelalter zurück, wo silberhaltiger Bleiglanz zur Silbergewinnung abgebaut wurde. Erst im Jahr 1927 wurde der Bergbau eingestellt.

Noch heute können in Arzberg und Umgebung viele Zeugnisse der ehemaligen Bergbautätigkeiten gefunden werden. So wurde zum Beispiel der alte Erbstollen als Schau- und Lehrstollen wieder befahrbar gemacht.

Ehemalige Bergbauareale sind:

Das Arzthal südlich von Arzberg, an der Nordflanke der Burgstallerhöhe.
Die Erhebungen unmittelbar nördlich und östlich von Arzberg.
Die Berghänge beiderseits des Raabtales von Arzberg Richtung Haufenreith (Rauchenberg, Wiedenberg, Sattelberg).

Zur Untersuchung der Schwermetallbelastungen wurden in folgenden landwirtschaftlichen Nutzflächen Standorte eingerichtet:

- VFE 15: Als mehrschnittige Wiese genutzter Haldenboden vor dem alten Erbstollen in Arzberg.
VFE 16: Weide neben Halde im Arzthal östlich der Ortschaft Burgstall.
VFE 17: Acker am Ausgang der Raabklamm in Kleinsemmering. Das Ausgangsmaterial des Bodens ist Schwemmmaterial, welches Erzpartikel aus dem Bergbaugesamt enthalten kann.
VFE 18: Auboden aus Schwemmmaterial ca. 500 m nördlich von Arzberg.
VFE 19: Boden aus phyllitischer Felsbraunerde am unteren Nordwesthang des Sattelberges.
VFE 20: Auboden mit Grünlandnutzung Raab-abwärts einer ehemaligen Aufbereitungsanlage; östlich von Wiedenberg.

Ebenfalls im Bergbaugesamt liegt der 1991/92 im Zuge der 4x4 km – Rasteruntersuchungen beprobte Standort **WZC 6** am Schönberg südöstlich von Haufenreith. Auch dort findet man erhöhte Gehalte an Zink, Blei und Cadmium.

Untersuchungsergebnisse:

Überschreitungen der Normalwerte findet man bei den Elementen:

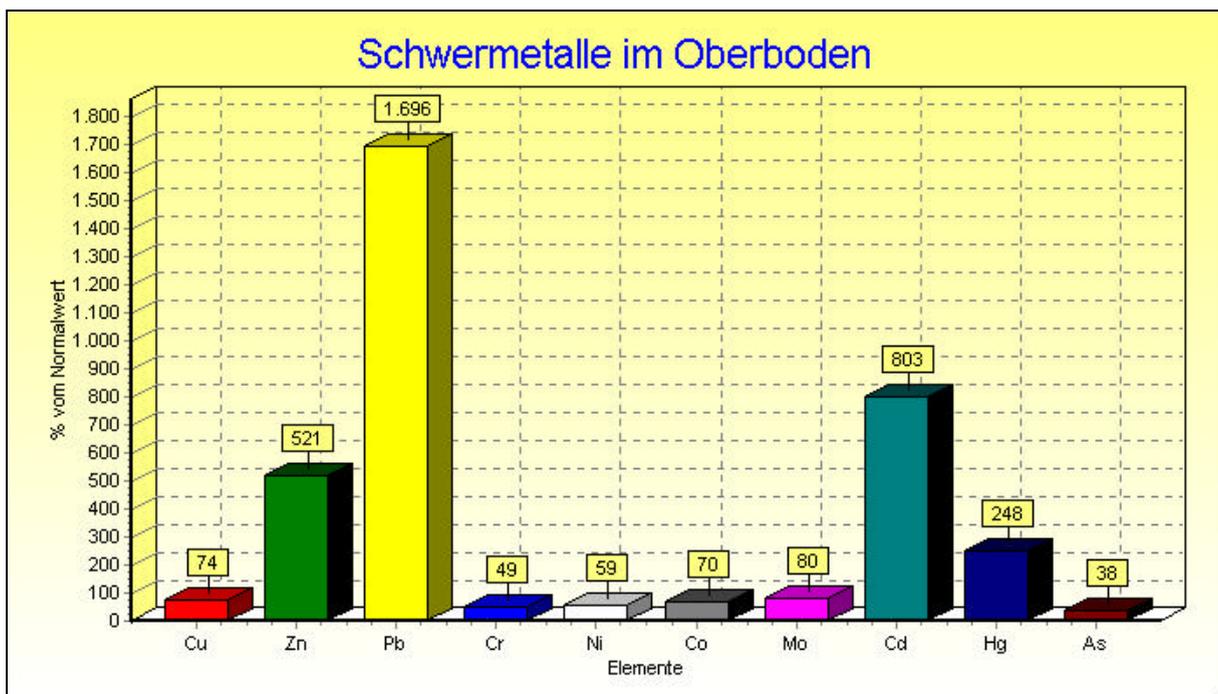
- VFE 15: Zn, Pb, Cd, Hg
VFE 16: Zn, Pb, Cr, Co, Cd
VFE 17: Pb, Cd
VFE 18: Zn, Pb, Cd, Hg
VFE 19: Zn, Pb, Co, Cd
VFE 20: Cu, Zn, Pb, Mo, Cd, Hg

Die Normalwertüberschreitungen bei den Schwermetallen Kupfer, Chrom, Kobalt und Quecksilber betreffen teils nur den Unterboden und sind überwiegend geogen bedingt. Sie stellen auf Grund ihrer relativ niedrigen Absolutgehalte keine nennenswerte Belastung dar, sondern dokumentieren nur den Erzreichtum des betrachteten Gebietes.

Als ernstzunehmende Bodenbelastungen müssen aber die Schadstoffe **Zink**, **Blei** und **Cadmium** angesehen werden.

Auffällig hoch ist am Standort **VFE 15** auch der Gehalt an „**pflanzenverfügbarem Zink**“ (EDTA-Extrakt). Er beträgt 202 mg /kg, wobei laut Düngerichtlinien schon ein Gehalt von mehr als 20 mg/kg als „sehr hoch“ einzustufen ist.

Standort VFE 15



Am Standort VFE 15 befindet sich eine aus landwirtschaftlicher Sicht unbedeutende kleine mehrschnittige Wiese, welche auf der Halde des Erbstollens gelegen ist.

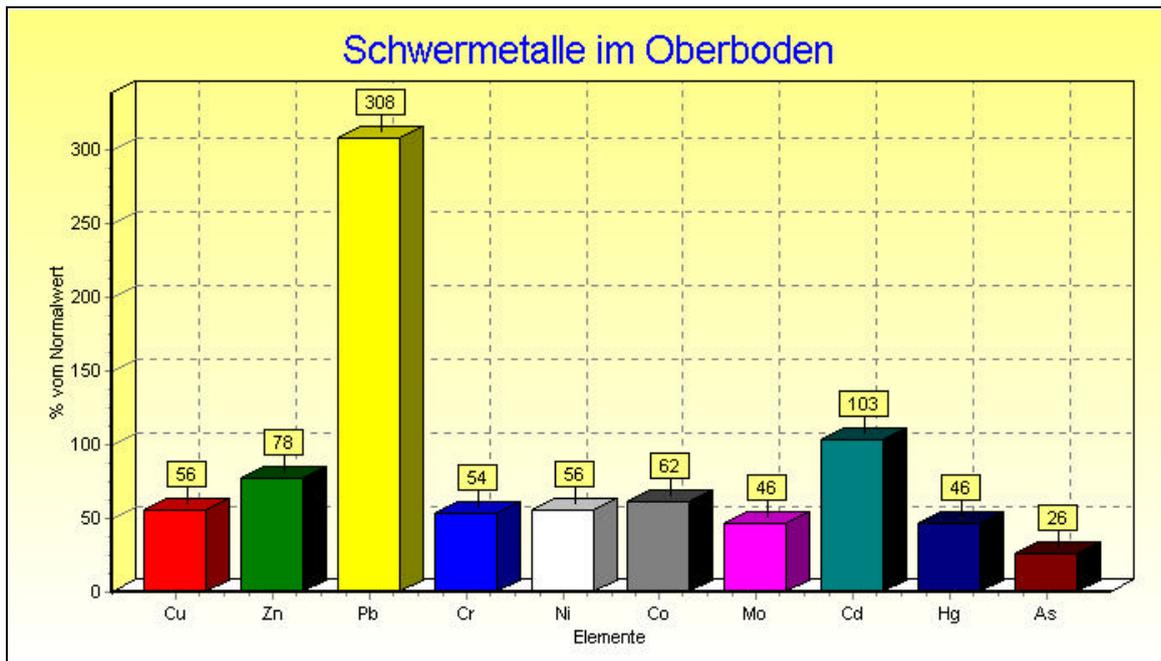
Die Halde selbst wird vom Raabbach angeschnitten, sodass auch belastetes Material mittransportiert wurde und talabwärts wieder abgelagert. Der weitere Verlauf der Raab führt ca. 10 km durch die enge Raabklamm. Eine landwirtschaftliche Nutzung der von der Raab beeinflussten Böden ist daher erst wieder südlich des Klammausganges möglich. Hier wurde der Standort **VFE 17** eingerichtet.

Der Boden dieser Untersuchungsstelle besteht aus feinem Schwemmmaterial der Raab und wird derzeit als Mais- bzw. Getreideacker genutzt.

Die Schwermetallgehalte sind hier bereits deutlich niedriger und nur mehr beim Element **Blei** nennenswert. Die Zinkgehalte liegen im Bereich normaler Bodengehalte und auch beim Cadmium kommt es nur in einem Untersuchungsjahr zu einem vernachlässigbar erhöhten Wert im Oberboden, der durch die ubiquitäre Umweltbelastung erklärbar ist und

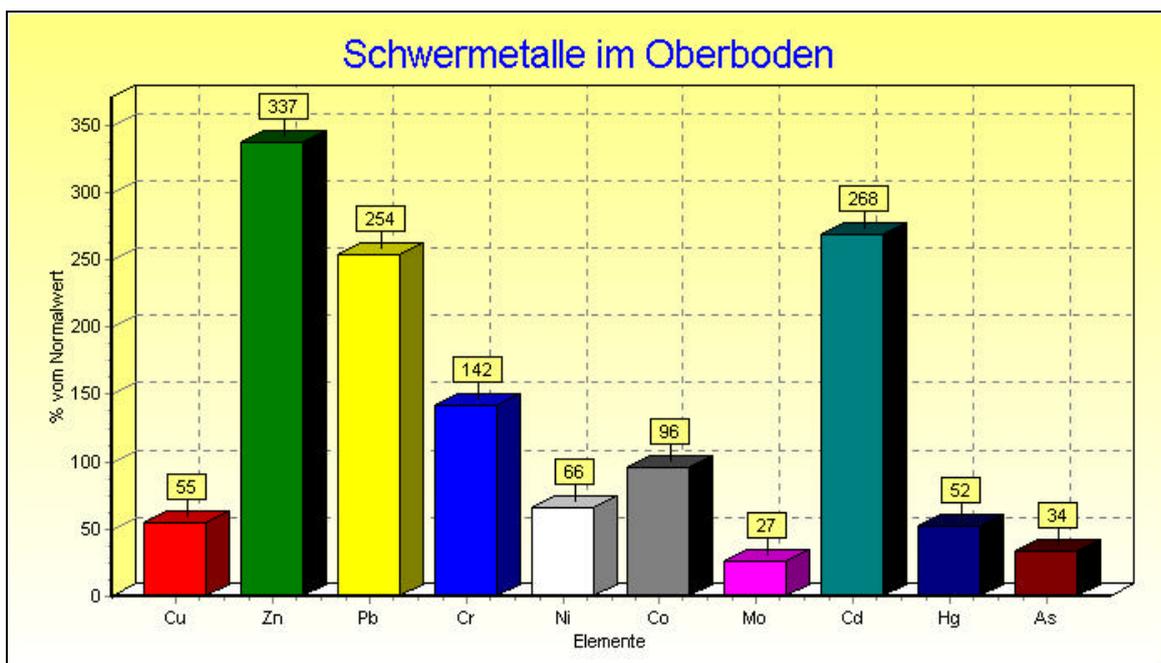
nicht mehr mit den Belastungen durch die Bergbautätigkeiten bei Arzberg in Zusammenhang gebracht werden kann.

Standort VFE 17



Die Untersuchungsergebnisse am Standort **VFE 16** (Arzthal, Nordflanke der Burgstaller Höhe) zeigen die für das Bergbauggebiet typisch erhöhten Gehalte an **Zink**, **Blei** und **Cadmium**, sowie eine geogen bedingte Normalwertüberschreitung beim Element **Chrom**.

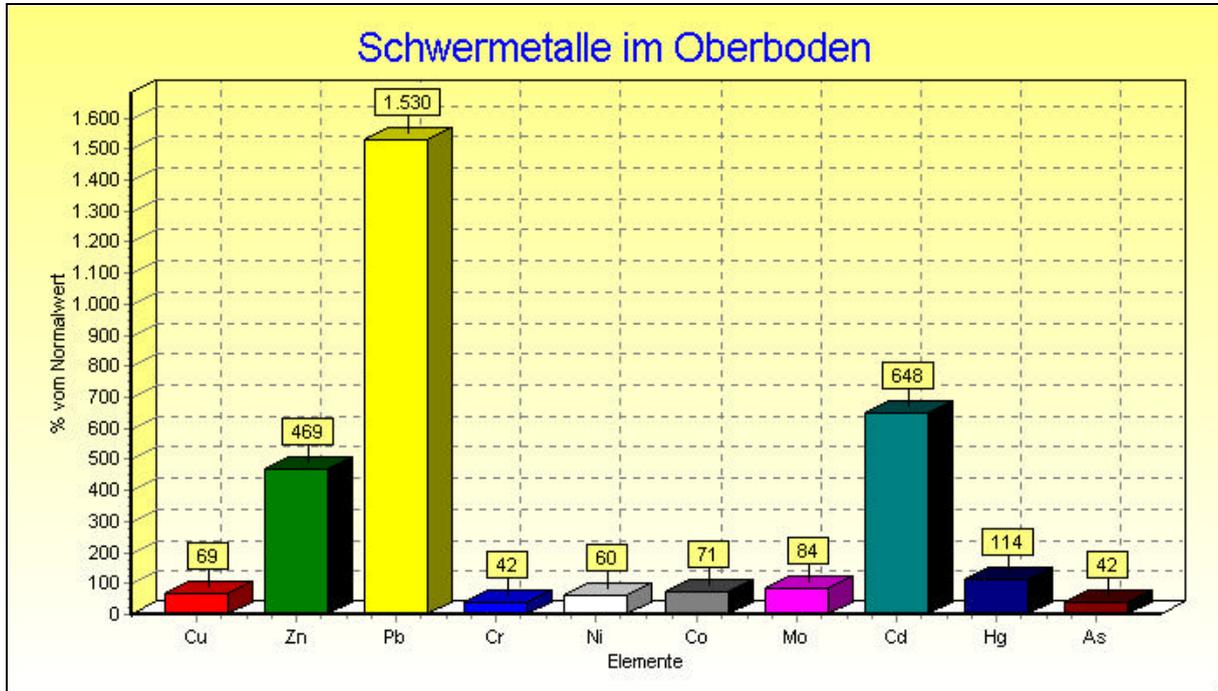
Standort VFE 16



Der Standort **VFE 18** liegt im nördlichen Ortsteil von Arzberg, in der Nähe alter Stollen und Bergbauhalden.

Die Schwermetallgehalte sind jenen des Punktes VFE15 sehr ähnlich. Die beiden oberen untersuchten Bodenhorizonte (0-5 und 5-20 cm) zeigen im Vergleich zum Unterboden (20-50 cm) eine deutliche Schadstoffanreicherung, welche den starken anthropogenen Einfluß der Bergbautätigkeiten dokumentiert. Der Grund warum nicht nur der oberste Horizont (0-5 cm) so stark belastet ist, dürfte in früher durchgeführten Ackerungen des Standortes zu suchen sein.

Standort VFE 18



Schwermetallgehalte im Bodenhorizont/Untersuchungsjahr in mg/kg (ppm): **VFE 18**

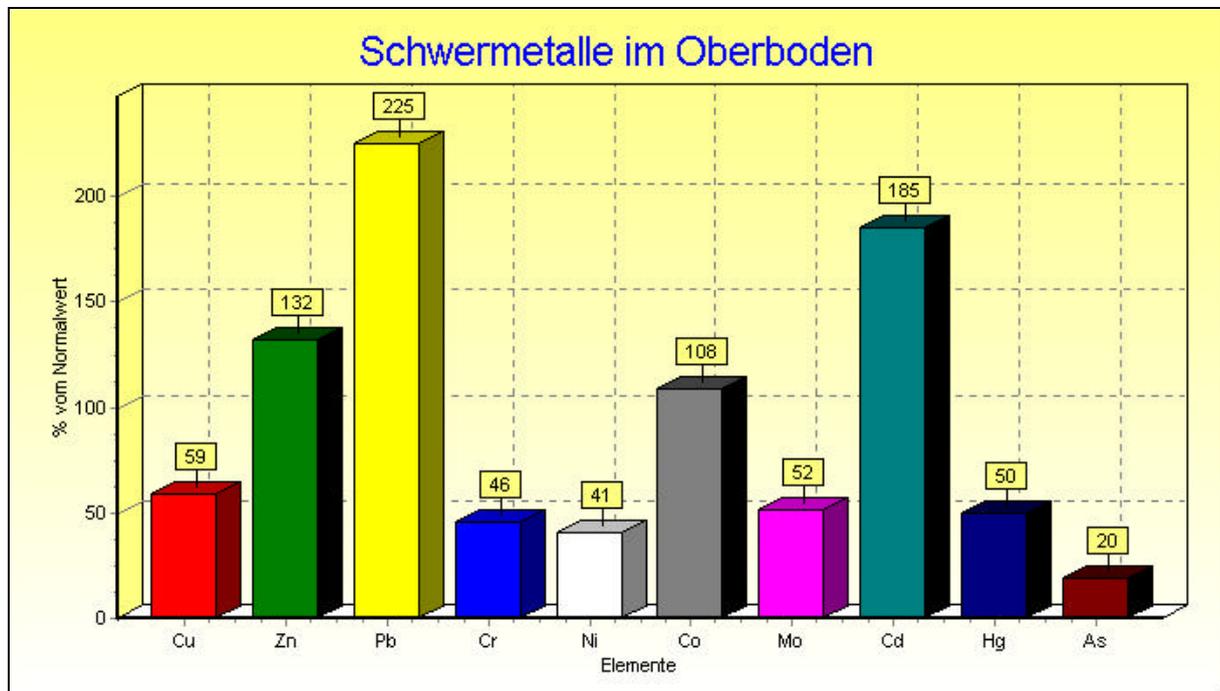
Element	0 – 5 cm 1997	0 – 5 cm 1998	5 – 20 cm 1997	20 – 50 cm 1997	Normalwert
Kupfer (Cu)	35,7	33,2	37,3	36,2	50
Zink (Zn)	719,2	595,2	591,2	208,0	140
Blei (Pb)	450	467,8	454,0	237,0	30
Chrom (Cr)	31,9	34,7	38,8	42,4	80
Nickel (Ni)	36,0	35,9	39,5	44,9	60
Kobalt (Co)	19,8	22,7	22,8	24,8	30
Molybdän (Mo)	1,31	1,21	1,44	1,37	1,5
Cadmium (Cd)	2,01	1,88	1,72	0,60	0,30
Quecksilber (Hg)	0,32	0,25	0,31	0,17	0,25
Arsen (As)	16,1	17,4	18,9	20,3	40

Der Standort **VFE 19** liegt im Bergbauggebiet Arzberg-Nord / Haufenreith und wird als Weide genutzt.

Neben den ortstypisch erhöhten Gehalten an Zink, Blei und Cadmium findet man auch geringfügig erhöhte Kobaltwerte, welche rein geogen bedingt sind.

Zink, Blei und **Cadmium** sind im Oberboden angereichert.

Standort VFE 19



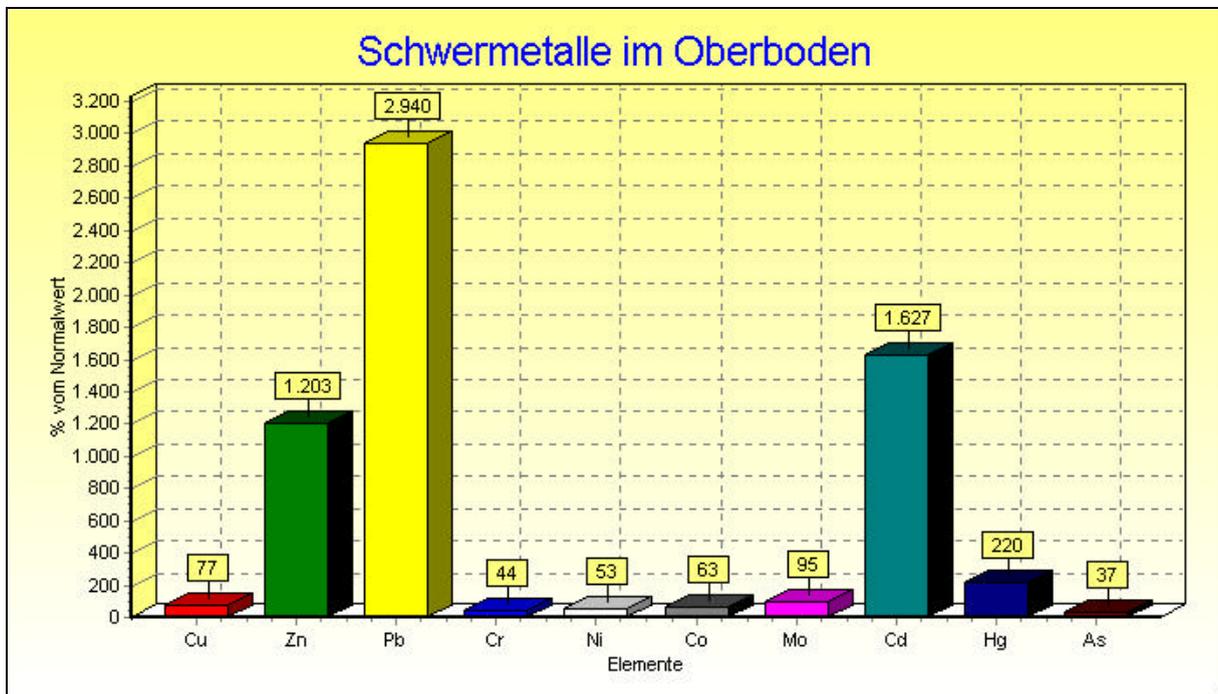
In der Nähe des Standortes VFE 19, aber am Westufer der Raab befand sich früher eine Aufbereitungsanlage, sowie ein länglicher, dem Talverlauf folgender Haldenbereich. Sowohl die Halde, als auch die Reste der Aufbereitungsanlage liegen heute im Wald. Es kann davon ausgegangen werden, dass mit Schwermetallen belastetes Material bei Hochwasserereignissen in die nächste landwirtschaftlich genutzt Fläche verfrachtet wurde.

Aus diesem Grund wurde der Standort **VFE 20** eingerichtet. Er ist bodenkundlich gesehen ein Auboden aus dem als belastet vermuteten Schwemmmaterial. Die Untersuchungsstelle liegt ungefähr in der Mitte zwischen den Standorten VFE 18 und 19, welche ca. 1,2 km voneinander entfernt sind.

Auf Grund der geringen Mächtigkeit der Bodenbildung konnten nur 2 Horizonte beprobt werden. Der Standort VFE 20 wird derzeit landwirtschaftlich als mehrschnittige Wiese und Weide genutzt.

Die gefundenen Schwermetallgehalte der Schadstoffe **Zink, Blei** und **Cadmium** übertrafen die Vermutungen leider bei weitem:

Standort VFE 20



Schwermetallgehalte im Bodenhorizont/Untersuchungsjahr in mg/kg (ppm): **VFE 20**

Element	0 – 5 cm 1997	0 – 5 cm 1998	5 – 20 cm 1997	Normalwert
Kupfer (Cu)	40,3	36,7	51,4	50
Zink (Zn)	1920,0	1448,0	2280,0	140
Blei (Pb)	984,0	780,0	1552,0	30
Chrom (Cr)	32,1	38,7	30,8	80
Nickel (Ni)	31,8	31,4	37,8	60
Kobalt (Co)	18,6	19,3	22,9	30
Molybdän (Mo)	1,39	1,45	1,75	1,5
Cadmium (Cd)	5,16	4,60	6,44	0,30
Quecksilber (Hg)	0,56	0,54	0,93	0,25
Arsen (As)	15,3	14,0	19,9	40

Die von der Geologischen Bundesanstalt bei der Erstellung des Projektes „Haldenkataster“ unmittelbar im Bereich der heute bewaldeten Ruine der Aufbereitungsanlage untersuchten Bodenproben ergaben noch höhere Schwermetallgehalte:

26.330 ppm **Zink**, 9.297 ppm **Blei** und 113 ppm **Cadmium**.

Auffällig hoch sind an den beiden Standorten VFE 18 und 20 auch die Gehalte an „**pflanzenverfügbarem Zink**“ (EDTA-Extrakt). Sie betragen 159 bzw. 746 mg /kg, wobei laut Düngerichtlinien schon ein Gehalt von mehr als 20 mg/kg als „sehr hoch“ einzustufen ist.

Überschreitungen des gesetzlichen Grenzwertes findet man bei den Elementen:

VFE 15:	Zn, Pb, Cd
VFE 16:	Zn, Cr
VFE 17:	Pb
VFE 18:	Zn, Pb, Cd, As
VFE 20:	Zn, Pb, Cd

Der gesetzlichen Vorgabe entsprechend wurden daher **Pflanzenproben** gezogen und auf jene Schadstoffe, wo es zu Überschreitungen kommt untersucht.

An allen Standorten außer am Punkt VFE 20 liegen die Schwermetallgehalte der untersuchten Pflanzenproben im normalen Gehaltsbereich.

An der Untersuchungsstelle **VFE 20** findet man in einer der beiden untersuchten Grasproben einen **Cadmiumgehalt** von 0,6 mg/kg in der Trockensubstanz. Die zweite Probe des Standortes weist einen Wert von 0,39 mg Cadmium / kg auf und liegt somit noch im als „normal“ definierten Bereich (0,05-0,4 mg Cadmium / kg in der Trockensubstanz).

Ein Cadmiumgehalt von 0,6 mg/kg wäre laut Futtermittelverordnung als Alleinfuttermittel für Kälber und Lämmer nicht mehr zulässig (Richtwert: 0,57 mg/kg in der Trockensubstanz). Für adulte Tiere hingegen liegt der Futtermittel-Richtwert höher (1,14 mg/kg in der Trockensubstanz).

Da jedoch beide Grasproben des Standortes VFE 20 am selben Tag und nur an leicht verschiedenen Stellen gezogen wurden, ist es zulässig einen Mittelwert von 0,5 mg Cadmium / kg in der Trockensubstanz als für diesen Standort repräsentativ anzunehmen.

Als überhöht sind an den Standorten **VFE 15** und **18** auch die Bodengehalte an **polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAH)** anzusprechen. Die PAH-Summen liegen bei ca. 500-1000 ppb (ng/g) im Oberboden. Die Herkunft der Belastungen ist vermutlich den Bergbautätigkeiten zuzurechnen.

Als ubiquitäre Belastung gelten PAH-Gehalte unter 200 ppb, Werte über 500 sind als stark belastet einzustufen.

Eine am Standort **VFE 15** nur im Beprobungsjahr 1998 festgestellte Bodenbelastung mit **DDT**-Rückständen (192 ppb) ist vermutlich auf eine frühere, lokal eng begrenzte, Anwendung des heute verbotenen Schädlingbekämpfungsmittels zurückzuführen.

Frauenthal

Der in Frauenthal bei Deutschlandsberg untersuchte Standort **VFB 4** behandelt nicht die Rückstandssituation in einem ehemaligen Bergbaug Gebiet, sondern wurde in Nähe einer aufgelassenen metallverarbeitenden Fabrik eingerichtet und leitet so in das nächste Kapitel „Belastungen durch Industriestandorte“ über.

Im 19. Jahrhundert wurde hier Messing erzeugt. Nach dem 1. Weltkrieg wurde die Fabrik zur chemischen Fertigung von Gerbstoffen genutzt und heute werden hier Motorrasenmäher und andere Maschinen gefertigt.

Die Untersuchungen sollen zeigen, ob aus der ehemaligen Messingerzeugung noch heute Schwermetallrückstände (Kupfer, Zink) nachzuweisen sind.

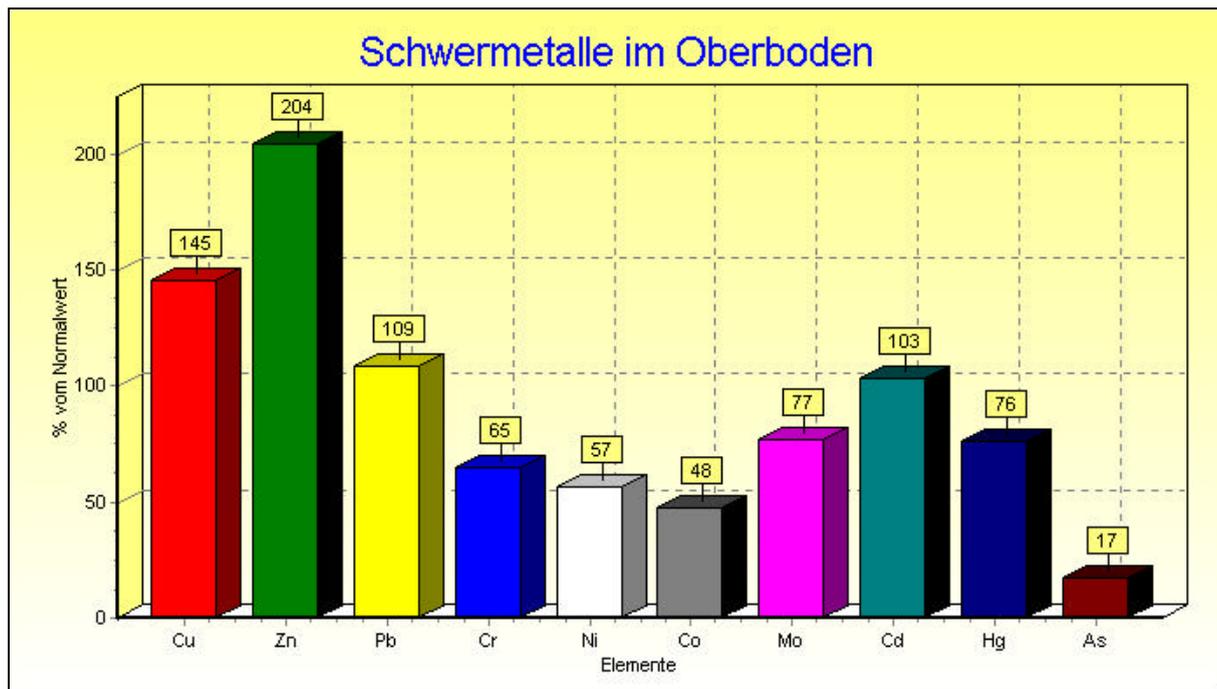
Untersuchungsergebnisse:

Überschreitungen der Normalwerte findet man bei den Elementen: Cu, Zn, Pb, Cd

Die erhöhten Schwermetallgehalte des Standortes **VFB 4** befinden sich nach der Profilanalyse überwiegend im Oberboden und sind daher offensichtlich zum Teil anthropogener Herkunft.

Dabei können die geringfügig erhöhten Gehalte beim Blei und Cadmium der ubiquitären Umweltbelastung zugerechnet werden, die Bodenbelastung durch **Kupfer** und **Zink** jedoch lässt deutlich den Schadstoffeintrag aus der ehemaligen Messinghütte erkennen.

Standort VFB 4



Schwermetallgehalte im Bodenhorizont/Untersuchungsjahr in mg/kg (ppm): **VFB 4**

Element	0 – 20 cm 1997	0 – 20 cm 1998	20 – 50 cm 1997	50 – 70 cm 1997	Normalwert
Kupfer (Cu)	74,3	71,0	51,2	41,7	50
Zink (Zn)	291,8	280,1	189,8	99,8	140
Blei (Pb)	33,5	31,7	20,3	16,6	30
Chrom (Cr)	52,6	50,7	53,5	58,8	80
Nickel (Ni)	36,1	31,9	42,5	40,0	60
Kobalt (Co)	13,5	15,0	15,2	17,9	30
Molybdän (Mo)	1,23	1,07	1,08	1,00	1,5
Cadmium (Cd)	0,32	0,30	0,15	0,07	0,30
Quecksilber (Hg)	0,21	0,17	0,11	0,05	0,25
Arsen (As)	7,0	6,6	7,0	5,8	40

Bei den Elementen **Kupfer** und **Zink** ist eine Anreicherung um etwa das Zwei- bis Dreifache des unbelasteten Unterbodens festzustellen.

Der Standort wird derzeit landwirtschaftlich als Acker (Mais, Kürbis) genutzt.

Da es zu keinen Grenzwertüberschreitungen kommt, wurde keine Kontrolle der Pflanzen durchgeführt.

3. Industriestandorte in der Steiermark

Bei den im folgenden besprochenen Standorten handelt es sich um landwirtschaftlich genutzte Flächen, welche in der Nähe von industriellen Betriebsstätten liegen und daher möglicherweise einer Schadstoffbelastung ausgesetzt sind.

In folgenden Industrieregionen wurden Untersuchungen durchgeführt:

- Eisenverarbeitende Industrie in der Obersteiermark
- Wolframhütte Bergla
- Magnesitwerk Trieben
- Zementwerk Peggau
- Zementwerk Retznei
- Hartsteinbruch Preg
- Kanzelsteinbruch bei Graz



Eisenverarbeitende Industrie in der Obersteiermark

Eisen ist das wichtigste und am häufigsten vorkommende Schwermetall der Erde. In der Steiermark gab es im Laufe der Geschichte weit über 40 Eisensteinbergbaue. Am Erzberg bezeugen Funde, dass schon zur Römerzeit Anfang des 4. Jahrhunderts Eisen gewonnen wurde.

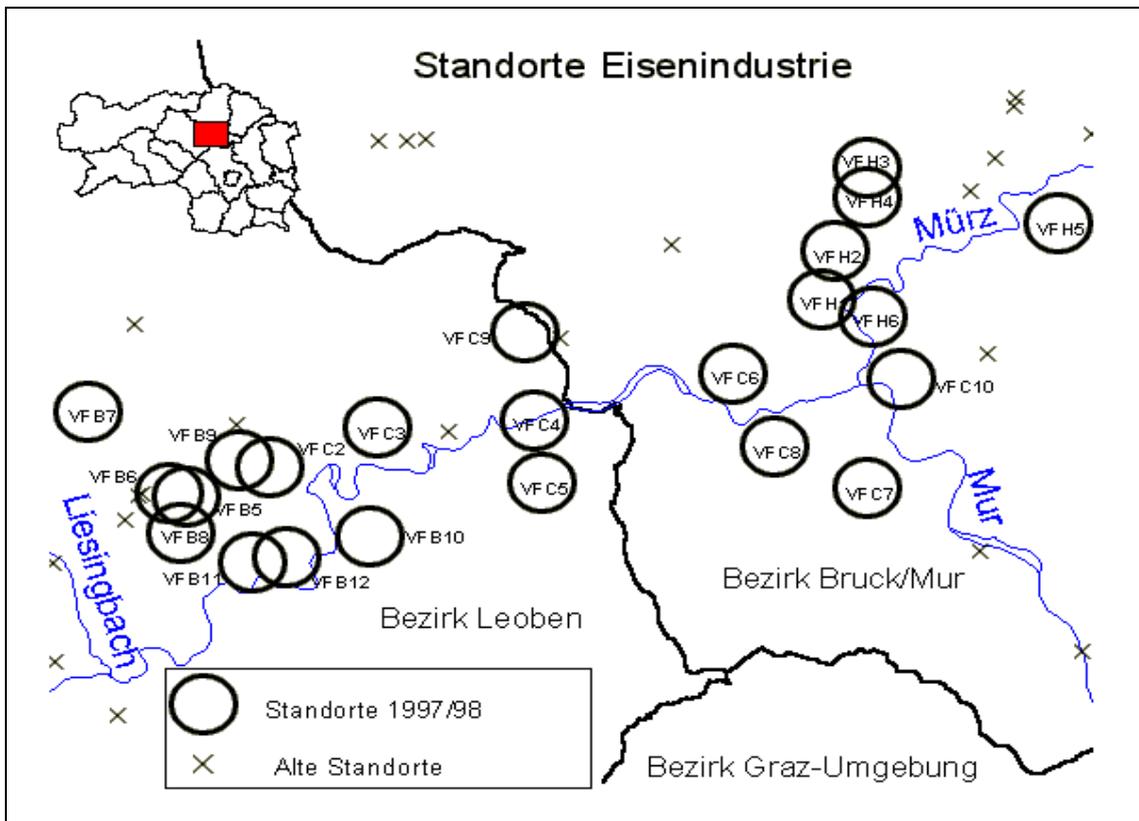
Über Jahrhunderte hinweg war es aus praktischen Gründen selbstverständlich, dass Gewinnung und Verarbeitung in unmittelbarer Nähe des Bergbaues stattfanden. Doch die Vergrößerung der Radwerke führte zu einem steigenden Holzkohlenbedarf und damit zu einer Dezimierung des Waldbestandes, sodass die weiterverarbeitenden Hammerwerke in die Täler der Mur und Mürz ausgelagert wurden. Dort war durch den Waldbestand der Holzkohlenbezug auch weiterhin gewährleistet.

Im 19. Jahrhundert waren Donawitz und Eisenerz die Hauptproduktionsstätten des Roh- und Walzeisens. In der Folgezeit expandierte die Eisenindustrie weiter und es entstanden mehrere Zweigstellen in der Obersteiermark.

In diesem Bericht wird nun die Industrieregion Leoben – Bruck/Mur – Kapfenberg näher untersucht.

Es wurden 1997 23 Standorte eingerichtet; ihre Bezeichnungen sind VFB 5-12, VFC 2-10 und VFH 1-6.

Die ungefähre Lage der Untersuchungsstandorte kann dem folgenden Kartenausschnitt entnommen werden. Der westlichste Standort (VFB 7) liegt bei St. Peter/Freienstein, der östlichste (VFH 5) bei Pötschach im Mürztal.

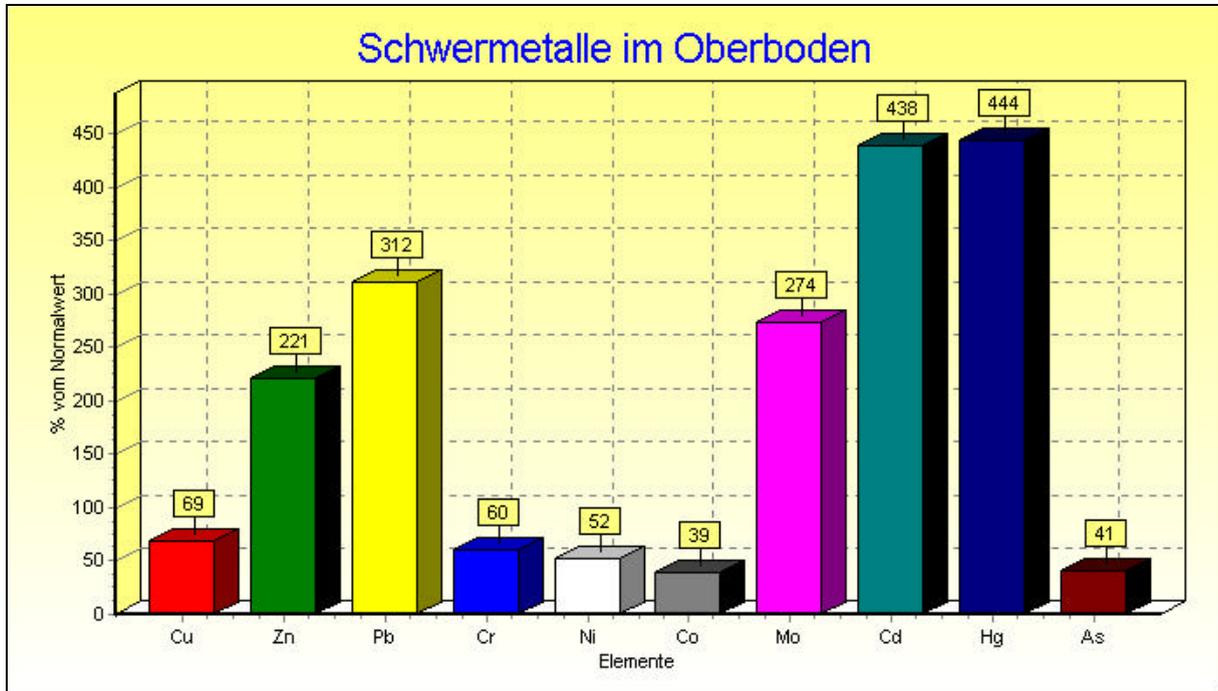


Untersuchungsergebnisse:

Überschreitungen der Normalwerte findet man bei den Elementen:

- | | |
|---------|------------------------------------|
| VFB 5: | Zn, Pb, Mo, Cd, Hg |
| VFB 6: | Zn, Pb, Mo, Cd, Hg |
| VFB 7: | Pb, Cd, Hg |
| VFB 8: | Zn, Pb, Mo, Cd, Hg |
| VFB 9: | Cu, Zn, Pb, Cr, Ni, Co, Mo, Cd, Hg |
| VFB 10: | Cu, Zn, Cr, Ni, Co, Cd, Hg |
| VFB 12: | Pb, Mo, Cd, Hg |
| VFC 2: | Zn, Pb, Mo, Cd, Hg |
| VFC 3: | Pb, Cd, Hg |
| VFC 4: | Mo |
| VFC 5: | Pb, Cd, Hg |
| VFC 6: | Zn, Pb, Cr, Ni, Co, Mo, Cd, Hg |
| VFC 7: | Zn, Pb, Cd, Hg |
| VFC 8: | Cu, Pb, Cr, Mo, Cd |
| VFC 9: | Cu, Cr, Co, Hg |
| VFC 10: | Mo |
| VFH 1: | Pb, Mo, Cd |
| VFH 2: | Zn, Pb, Cr, Ni, Mo, Cd, As |
| VFH 3: | Pb, Mo, Cd |
| VFH 4: | Mo, As |
| VFH 5: | Zn, Mo, Cd |
| VFH 6: | Pb, Mo, Cd |

Standort VFB 5



Schwermetallgehalte im Bodenhorizont/Untersuchungsjahr in mg/kg (ppm): VFB 5

Element	0 – 5 cm 1997	0 – 5 cm 1998	5 – 20 cm 1997	20 – 50 cm 1997	Normalwert
Kupfer (Cu)	34,3	34,8	27,3	24,1	50
Zink (Zn)	304,0	314,5	110,0	80,0	140
Blei (Pb)	95,8	91,3	30,8	12,8	30
Chrom (Cr)	45,8	50,7	35,2	31,8	80
Nickel (Ni)	31,6	30,5	32,5	31,0	60
Kobalt (Co)	10,1	13,4	15,8	13,8	30
Molybdän (Mo)	4,08	4,15	1,25	0,85	1,5
Cadmium (Cd)	1,26	1,37	0,22	0,07	0,30
Quecksilber (Hg)	1,04	1,18	0,36	0,10	0,25
Arsen (As)	16,2	16,6	16,8	13,4	40

Deutlich erkennbar sind die Industrieimmissionen bei den Schwermetallen **Zink**, **Blei**, **Molybdän**, **Cadmium** und **Quecksilber**.

Bei diesen Schadstoffen werden massive Anreicherungen im Oberboden gefunden, welche an allen untersuchten Standorten der Region um Donawitz ein charakteristisches Belastungsbild ergeben.

Die Standorte **VFB 5 – 9**, **VFB 12**, sowie **VFC 2 – 3** aus dem Raum St. Peter-Freienstein, Donawitz und Leoben bis Proleb weisen ein identes Belastungsbild auf, wobei das Ausmaß der Belastungen mit der Entfernung zum Werk Donawitz abnimmt.

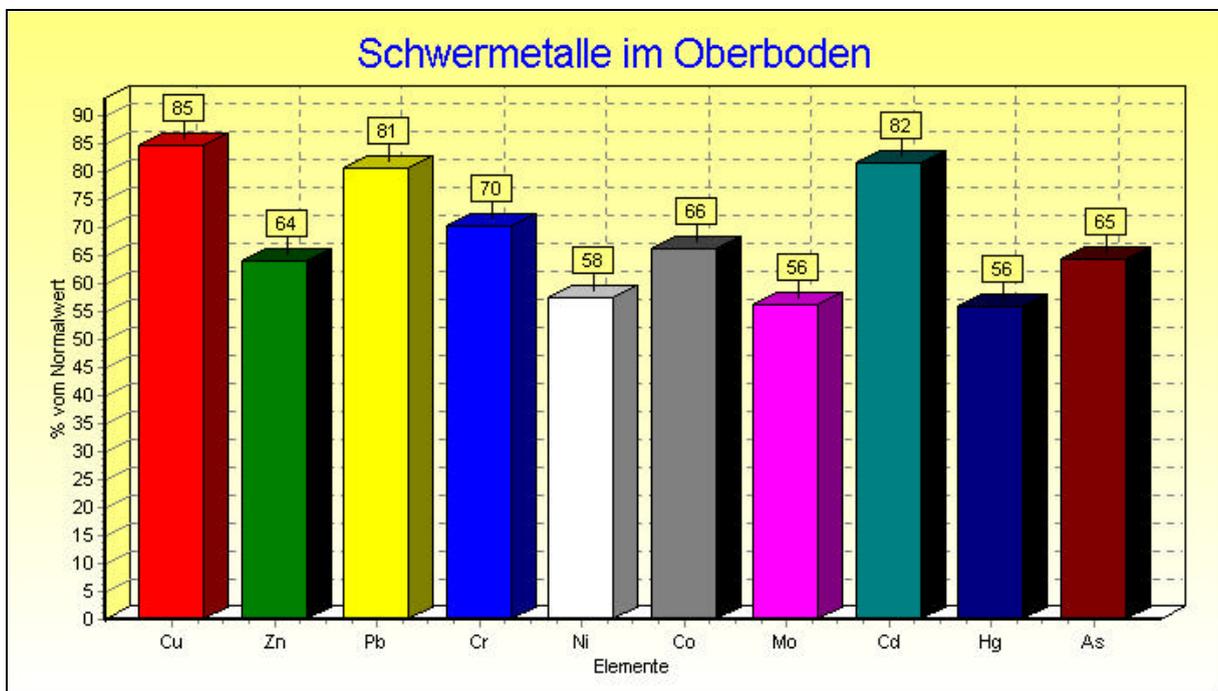
Der Standort **VFB 10** am Maßenberg, südlich von Leoben ist nur noch verhältnismäßig gering belastet.

Neben den typischen Industrieemissionen findet man an den Standorten VFB 9 + 10 auch noch geogen bedingte, geringfügige Normalwertüberschreitungen anderer Schwermetalle.

Auffällig hoch sind an den werknahen Standorten **VFB 5, 6 und 9** auch die Gehalte an „**pflanzenverfügbarem Eisen und Mangan**“ (EDTA-Extrakt). Ihnen ist aber toxikologisch keine Bedeutung beizumessen.

An der Untersuchungsstelle **VFB 11** in Leoben – Hinterberg sind keine Einflüsse aus dem Werk Donawitz mehr festzustellen. Sämtliche Schwermetallwerte im Boden entsprechen normalen Gehalten.

Standort VFB 11

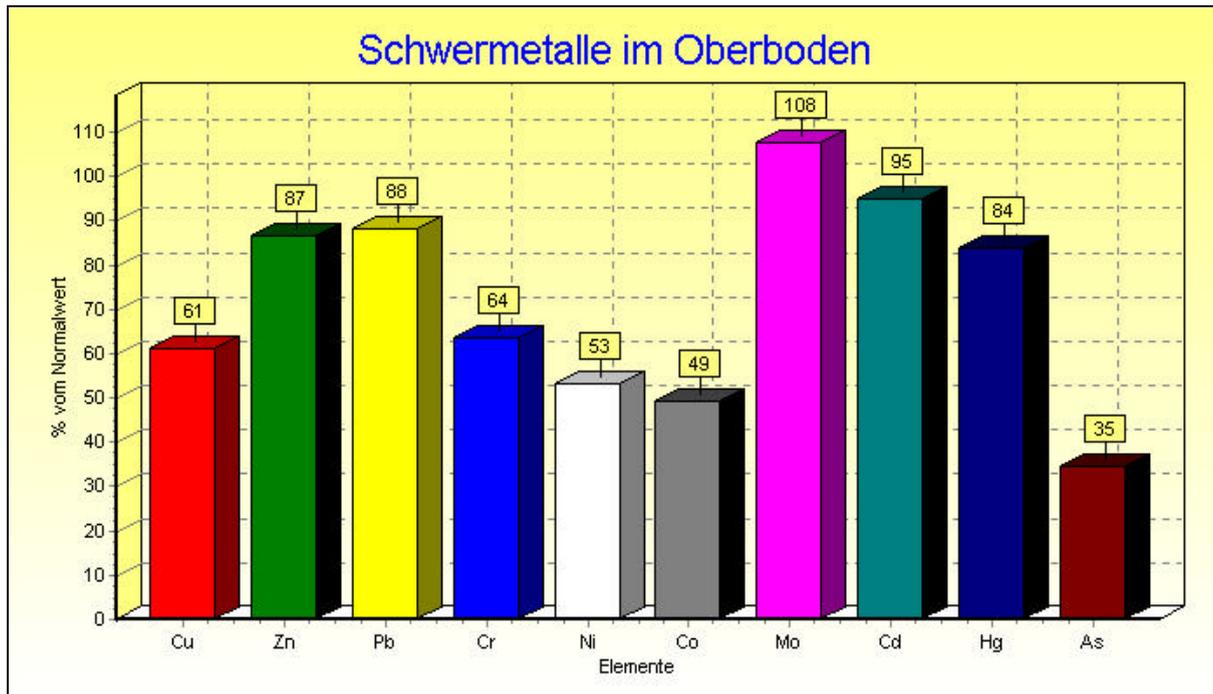


Im weiteren Verlauf des Murtales von Proleb bis Bruck an der Mur (Standorte **VFC 4 – 10**) findet man zwar auch noch Anreicherungen von Zn ,Pb, Mo , Cd und Hg im Oberboden, ihre Absolutgehalte nähern sich aber zunehmend denen der ubiquitären Umweltbelastung.

Häufiger treten hier geogene Schadstoffbelastungen mit anderen Schwermetallen auf, welche am Standort **VFC 6** mit einem **Quecksilbergehalt** von **20 – 30 ppm** einen lokal begrenzten Extremwert erreichen. Es handelt sich bei diesem Gehalt um den höchsten bisher in der Steiermark gemessenen Wert.

Als Beispiel der Schwermetallbelastung in dieser Region werden die Untersuchungsergebnisse des Standortes **VFC 4** bei Niklasdorf präsentiert.

Standort VFC 4



Die derzeitige Schwermetallbelastung des Standortes VFC 4 bei Niklasdorf ist – von den geringfügig erhöhten Molybdängehalten abgesehen – durchaus zufriedenstellend.

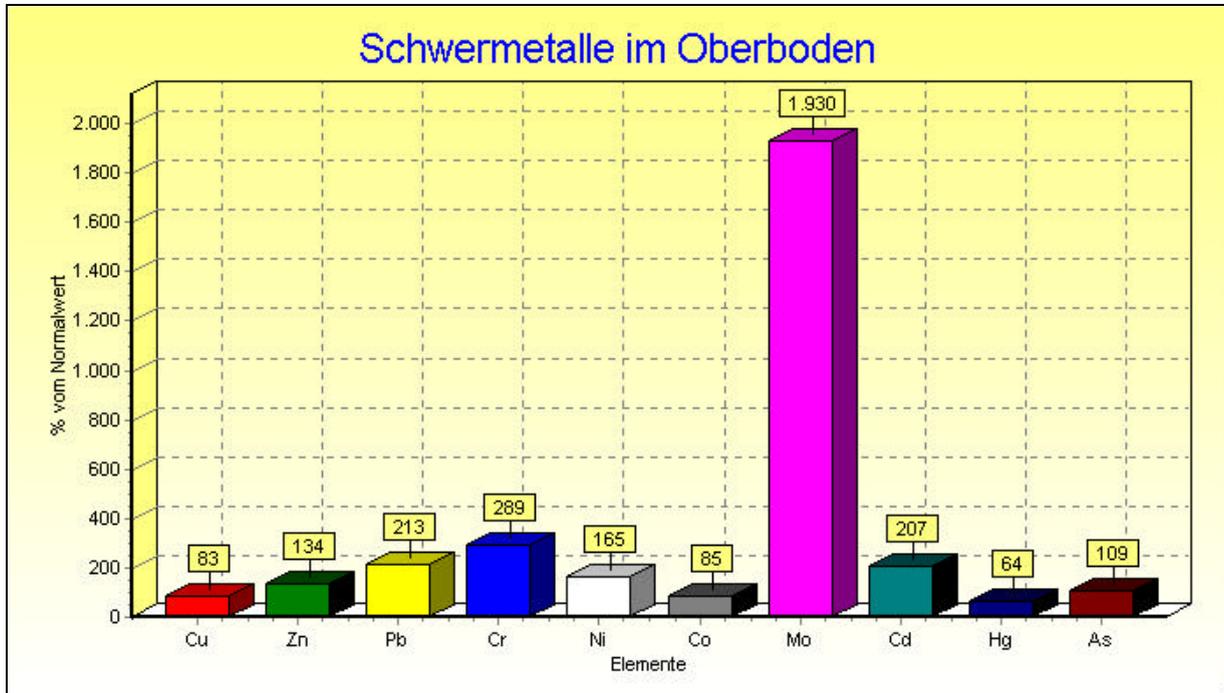
Die Untersuchungsergebnisse der Standorte **VFH 1 – 6** aus der Region Bruck an der Mur, Kapfenberg bis zum VEW – Werk VI bei Pötschach sind geprägt von einer markanten Belastung durch das Element **Molybdän**.

Der in der Steiermark bisher höchste festgestellte Gehalt von ca. 30 ppm Molybdän im Boden wurde am Standort **VFH 2** südwestlich des VEW – Werkes Kapfenberg gemessen. An diesem Standort findet man bei allen Schwermetallen außer Kobalt und Arsen deutliche Anreicherungen im Oberboden, welche bei den Elementen **Molybdän**, **Chrom** und **Nickel** Extremwerte erreichen.

Da die anderen Schwermetalle neben Molybdän aber in geringerem Ausmaß emittiert werden, läßt sich nur der Einfluß der Molybdänemissionen über ein größeres Gebiet weiter verfolgen.

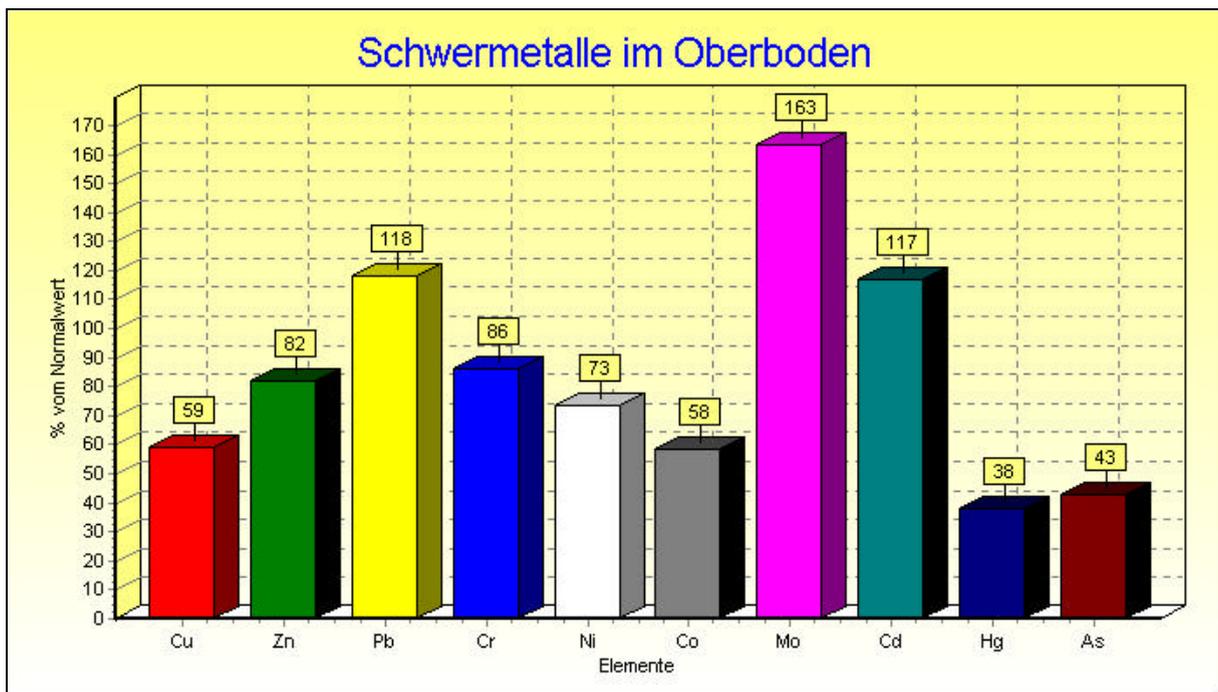
Es läßt sich aus den Ergebnissen der Untersuchungen in der Eisenindustrieregion der Obersteiermark folgern, dass ein Teil der als ubiquitär festgestellten Schwermetalle (Zn, Pb, Mo, Cd, Hg) hier seinen Ursprung hat.

Standort VFH 2



Man findet auch am Ackerstandort **VFH 6** zwischen Bruck an der Mur und Kapfenberg in mehr als 2 km Entfernung zum VEW – Werk noch deutliche Molybdäneinträge.

Standort VFH 6



Ein weiterer Untersuchungsparameter, der sowohl in der Region Donawitz als auch in Kapfenberg deutlich erhöht ist, ist das „**wasserlösliche Fluor**“. Es besteht zwar die Möglichkeit, dass Fluor über Düngemittel eingetragen wird – dies ist aber hauptsächlich bei Ackerstandorten anzunehmen. An den Grünlandstandorten VFB 5, 6, 7, 8 + 9, VFC 2 + 3 und VFH 1, 2, 3 + 4, welche im unmittelbaren Immissionsbereich der Schwerindustrie liegen, ist diese als Verursacher der erhöhten Bodengehalte anzunehmen.

Die Fluorgehalte an den erwähnten Standorten liegen zwischen 1,2 und 6 mg/kg und weisen eine Entfernungsabhängigkeit zum Emittenten auf.

Auch die Bodengehalte an **polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAH)** weisen eine deutliche Entfernungsabhängigkeit zu den Emittenten auf, erreichen aber nur selten Gehalte über 500 ppb (ng/g) im Oberboden (als ubiquitäre Belastung gelten PAH-Gehalte unter 200 ppb, Werte über 500 sind als stark belastet einzustufen).

Überschreitungen der gesetzlichen Schwermetallgrenzwerte findet man bei:

VFB 5:	Zn	VFC 5:	As
VFB 7:	As	VFC 6:	Cr, Ni, Hg
VFB 8:	As	VFC 8:	As
VFB 9:	Cr, Ni, As	VFC 10:	As
VFB 10:	Cr, Ni		
VFB 11:	As		
VFH 2:	Cr, Ni, Mo, As		
VFH 3:	As		
VFH 4:	As		
VFH 6:	As		

Der gesetzlichen Vorgabe entsprechend wurden daher **Pflanzenproben** gezogen und auf jene Schadstoffe, wo es zu Überschreitungen kommt untersucht.

An allen Standorten außer am Punkt VFH 2 liegen die Schwermetallgehalte der untersuchten Pflanzenproben im als „normal“ definierten Gehaltsbereich.

An der Untersuchungsstelle **VFH 2** findet man in beiden untersuchten Grasproben erhöhte Gehalte des Schwermetalls **Chrom** (5,96 und 4,14 mg/kg in der Trockensubstanz). Normalerweise liegen die Chromgehalte von Pflanzen im Bereich von 0,1-1 mg/kg in der Trockensubstanz. Futtermittel-Richtwerte für Chrom gibt es nicht.

Auch der Gehalt der Grasproben an **Molybdän** ist am Standort VFH 2 auffällig hoch (66 und 61 mg/kg in der Trockensubstanz). Es handelt sich hier um die höchsten bisher in Pflanzenproben festgestellten Gehalte. Übliche Molybdängehalte in Pflanzen liegen unter 3 mg/kg. Futtermittel-Richtwerte für Molybdän gibt es nicht.

Die Ursache der Pflanzenbelastungen dürfte in den industriellen Emissionen des VEW-Werkes Kapfenberg liegen.

Wolframhütte Bergla

Die Wolframhütte in Bergla (Bezirk Deutschlandsberg) wurde im März 1977 in Betrieb genommen. Sie verarbeitet Scheeliterzkonzentrat und Wolframschrott zu hochreinem Wolfram- und Wolframcarbid-Pulver. Der Abbau und die Aufbereitung des Scheeliterzes erfolgt in Mittersill.

Der bei der Wolfram-Produktion in Bergla anfallende Filterstaub wird in einer ehemaligen Abraumhalde einer Kohlengrube deponiert. Die Analyse einer Stichprobe ergab einen Gehalt von ca. 10 % Molybdän, sowie relativ hohe Rückstände von Kupfer, Blei, Nickel, Kobalt und Arsen.

Es wurden in ca. 500 m Entfernung zum Werk drei Untersuchungsstellen eingerichtet. Alle drei Standorte werden landwirtschaftlich zum Maisanbau genutzt. Ihre ungefähre Lage ist:

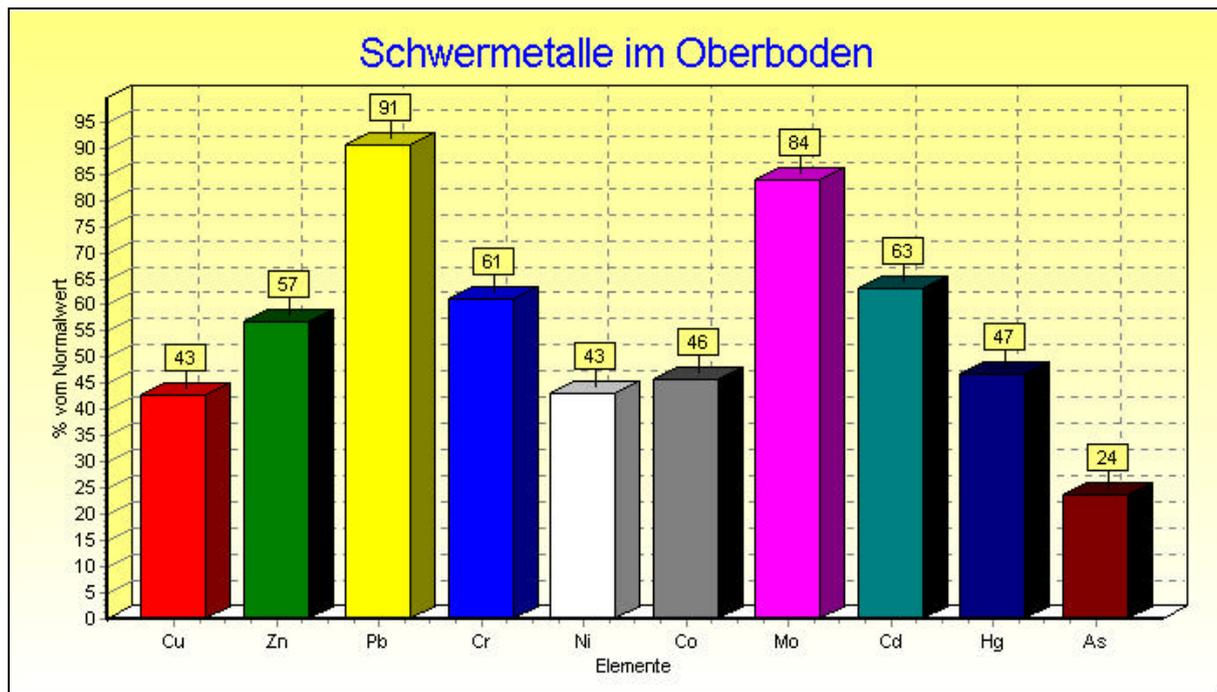
- VFB 1: 500 m südwestlich der Wolframhütte
- VFB 2: 500 m nördlich der Wolframhütte
- VFB 3: 500 m nordöstlich der Wolframhütte

Untersuchungsergebnisse:

Abgesehen von einer – nur in einem Untersuchungsjahr – im Oberboden des Standortes VFB 3 festgestellten leichten Erhöhung des **Molybdängehaltes**, liegen alle untersuchten Schwermetalle im Bereich normaler Bodenwerte.

Da die Schwermetallgehalte aller drei Standorte sehr ähnlich sind, können sie als Mittelwert zusammengefaßt dargestellt werden:

Mittelwerte der Oberböden der Standorte VFB 1-3



Aus der Profilanalyse der untersuchten Bodenhorizonte sind bei den Schwermetallen Zink, Blei, Cadmium und Kobalt (nur VFB 3) geringfügige Anreicherungen im Oberboden feststellbar, welche aber durch die ubiquitäre Umweltbelastung erklärbar sind und nicht mit der Wolframhütte in Zusammenhang gebracht werden können.

Lediglich beim Element **Molybdän** sind an den beiden Standorten **VFB 1** und **3** Anreicherungen im Oberboden erkennbar, die auf geringfügige Einträge aus dem Werk hindeuten. Diese sind aber so niedrig, dass sie derzeit keine nennenswerte Bodenbelastung darstellen.

Da es zu keinen Grenzwertüberschreitungen der Schwermetallgehalte im Boden kommt, entfällt auch eine Untersuchung von Pflanzen.

Eine am Standort **VFB 1** nur im Beprobungsjahr 1997 festgestellte geringfügige Bodenbelastung mit **DDT**-Rückständen (15 ppb) ist vermutlich auf eine frühere - lokal eng begrenzte - Anwendung des heute verbotenen Schädlingbekämpfungsmittels zurückzuführen.

Insgesamt kann man nach 20 Jahren industrieller Tätigkeiten in der Wolframhütte Bergla von einem durchaus positiven Untersuchungsergebnis sprechen, welches ein problemloses Nebeneinander von Industrie und Landwirtschaft dokumentiert.

Magnesitwerk Trieben

Nach den teilweise negativen Untersuchungsergebnissen (Bodenschutzbericht 1994) an Standorten mit Magnesitindustrie in den Jahren 1987/88 (Veitsch, Breitenau, Oberdorf) wurden nun auch die Böden in der Umgebung des Werkes Trieben einer Kontrolle unterzogen.

Es wurden in ca. 500 m Entfernung zum Werk zwei Untersuchungsstellen eingerichtet. Der Standort **VFH 9** liegt nördlich, der Punkt **VFH 10** annähernd östlich des Magnesitwerkes.

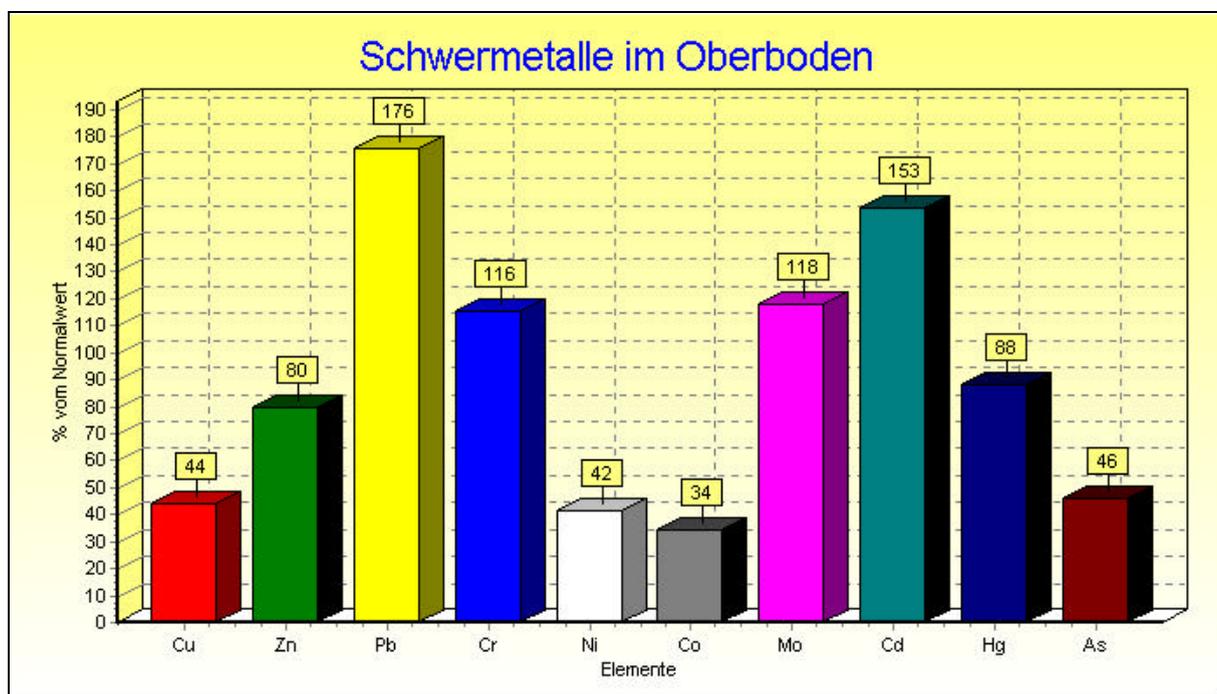
Untersuchungsergebnisse:

Überschreitungen der Normalwerte findet man bei den Elementen:

VFH 9: Mo
VFH 10: Pb, Cr, Mo, Cd

Der Standort **VFH 10** befindet sich auf einem Hang in Höhe des Werksschornsteines und dürfte daher mehr Belastungen abbekommen als der im Paltental gelegene Punkt VFH 9.

Standort VFH 10



Alle Schwermetalle sind im Oberboden angereichert und lassen so auf Emissionen des Magnesitwerkes schließen.

Schwermetallgehalte im Bodenhorizont/Untersuchungsjahr in mg/kg (ppm): **VFH 10**

Element	0 – 5 cm 1997	0 – 5 cm 1998	5 – 20 cm 1997	20 – 50 cm 1997	Normalwert
Kupfer (Cu)	20,7	23,5	21,0	35,0	50
Zink (Zn)	104,0	119,2	84,0	86,0	140
Blei (Pb)	49,4	56,0	28,5	17,2	30
Chrom (Cr)	80,2	104,6	32,9	36,1	80
Nickel (Ni)	24,6	25,4	27,6	38,6	60
Kobalt (Co)	10,0	10,5	13,9	20,8	30
Molybdän (Mo)	1,50	2,03	1,27	0,89	1,5
Cadmium (Cd)	0,41	0,51	0,14	0,07	0,30
Quecksilber (Hg)	0,22	0,22	0,23	0,11	0,25
Arsen (As)	19,6	17,1	22,6	24,2	40

Am Standort VFH 10 ist auch der **Magnesiumgehalt** des Oberbodens stark erhöht. Er beträgt 134 mg Mg / 100 g Boden, wobei laut Düngerichtlinien schon ein Gehalt über 19 mg / 100 g als „sehr hoch“ einzustufen ist. Der Magnesiumgehalt des Standortes VFH 9 liegt vergleichsweise bei 37 mg / 100 g.

Zur Relativierung der Untersuchungsergebnisse muß aber darauf hingewiesen werden, dass die gefundenen Schwermetallbelastungen hier wesentlich moderater ausgefallen sind, als beispielsweise in der Region um Donawitz. Eine Kontrolle in periodischen Zeitabständen erscheint aber auch hier notwendig.

Überschreitungen der gesetzlichen Schwermetallgrenzwerte findet man nur am Standort VFH 10 bei den Elementen: Cr und As.

Der gesetzlichen Vorgabe entsprechend wurden daher **Pflanzenproben** gezogen und auf jene Schadstoffe, wo es zu Überschreitungen kommt untersucht.

Während die Arsenwerte der beiden untersuchten Grasproben unter der Bestimmungsgrenze von 0,3 mg/kg liegen, findet man an diesem Standort die höchsten bisher gemessenen Pflanzengehalte an **Chrom** (54 und 48 mg/kg in der Trockensubstanz).

Normalerweise liegen die Chromgehalte von Pflanzen im Bereich von 0,1-1 mg/kg in der Trockensubstanz. Futtermittel-Richtwerte für Chrom gibt es nicht.

Ob die Staubemissionen des nahen Magnesitwerkes alleine für diese extrem hohen Chromgehalte verantwortlich sind, oder ob es noch andere Ursachen dafür gibt, ist derzeit nicht bekannt.

Auffallend hoch sind am Standort **VFH 10** auch die Bodengehalte an **polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen** (ca. 600-1200 ppb PAH-Summe) im Oberboden. Als ubiquitäre Belastung gelten PAH-Gehalte unter 200 ppb, Werte über 500 sind als stark belastet einzustufen.

Zementwerk Peggau

Um eine etwaige Schadstoffbelastung der Böden durch die Zementfabrik in Peggau und den dazu gehörenden Steinbrüchen feststellen zu können, wurden zwei Untersuchungsstellen eingerichtet.

Der Standort **VFI 3** liegt im Murtal etwa 0,5 bis 1 km südlich des Industriebereiches. Er wird derzeit landwirtschaftlich als Wechselland (Grünland, Maisanbau) genutzt.

Der zweite Standort **VFH 4** wird als ein Dauergrünland genutzt und liegt mehr als 300 Höhenmeter höher – etwa 0,5 bis 1 km östlich des Industriebereiches.

Untersuchungsergebnisse:

Überschreitungen der Normalwerte findet man bei den Elementen:

VFI 3: Pb, Cd
VFI 4: Pb

Kommt es zu einer Schwermetallbelastung auf Grund der Staubentwicklung aus dem Industrieareal, so ist anzunehmen, dass der Standort VFI 3 stärker belastet wird, als der Punkt VFI 4.

Um das zu überprüfen, werden die Schwermetallgehalte der Oberböden beider Standorte gegenübergestellt. Da die Standorte jedoch eine verschiedene geogene Grundbelastung aufweisen, wird beim Vergleich die Differenz der Schwermetallgehalte in Ober- und Unterboden betrachtet.

Vergleich der Schwermetallgehalte (in mg/kg der Differenz aus Ober- minus Unterboden) der Standorte VFI 3 und VFI 4:

Element	VFI 3	VFI 4	Übliche Belastung
Kupfer (Cu)	6,4	< 0	10
Zink (Zn)	43,2	4,5	26
Blei (Pb)	65,6	20,0	12
Chrom (Cr)	4,4	< 0	17
Nickel (Ni)	2,8	< 0	8
Kobalt (Co)	0	< 0	5
Molybdän (Mo)	0,45	0,27	0,3
Cadmium (Cd)	0,21	0,16	0,15
Quecksilber (Hg)	0,14	0,05	0,1
Arsen (As)	2,6	< 0	5

Bei den Elementen Cu, Cr, Ni, Co und As sind die errechneten Differenzen aus Ober- minus Unterboden kleiner als der doppelte Analysenfehler und daher nicht signifikant.

Berücksichtigt man nun noch den Schadstoffanteil der durchschnittlichen – in der Steiermark üblichen – Umweltbelastung (vergleiche Bodenschutzbericht 1998, Seite 68), so erkennt man, dass der Standort VFI 4 nur beim Blei einen nennenswert höheren Schadstoffanteil aufweist.

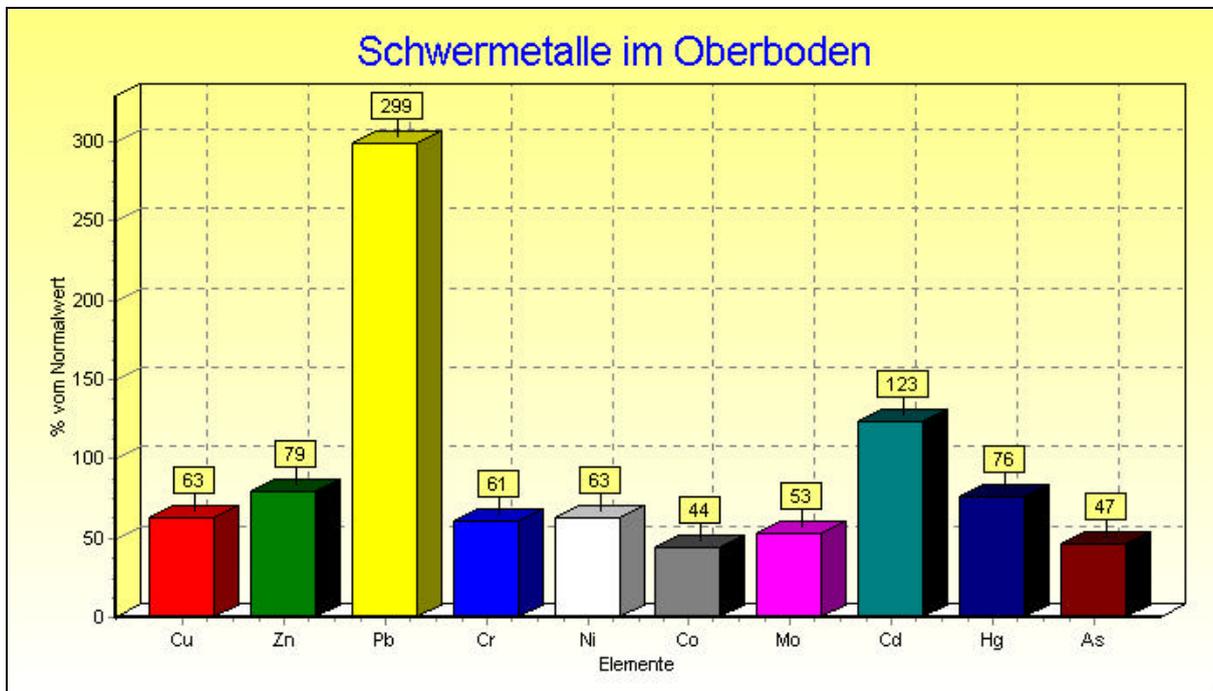
Der Standort VFI 3 jedoch zeigt Anreicherungen im Oberboden bei den Elementen Zn, Pb, Mo, Cd und Hg.

Am auffälligsten ist der Unterschied zwischen den Standorten beim **Blei**. Doch gerade bei diesem Element kann nicht davon ausgegangen werden, dass der Schadstoff-eintrag aus dem betrachteten Industriegebiet stammt, da es ebenso plausibel ist, das starke Verkehrsaufkommen der nahegelegenen Bundes- und Schnellstraße für die erhöhten Werte verantwortlich zu machen. Auch die Elemente **Zink** und **Cadmium** können über den Reifenabrieb zur Bodenbelastung beitragen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es im gegenständlichen Fall nicht möglich ist, einen alleinigen Verursacher der festgestellten Bodenbelastungen zu eruieren. Es ist daher wahrscheinlich, dass sowohl der Verkehr als auch die Industrie am Schadstoffeintrag beteiligt sind. Jedoch:

Die festgestellten Belastungen sind abgesehen vom Bleigehalt am Standort VFI 3 als minimal zu beurteilen.

Standort VFI 3



Da es zu keinen Grenzwertüberschreitungen der Schwermetallgehalte im Boden kommt, entfällt auch eine Untersuchung von Pflanzen.

Zementwerk Retznei

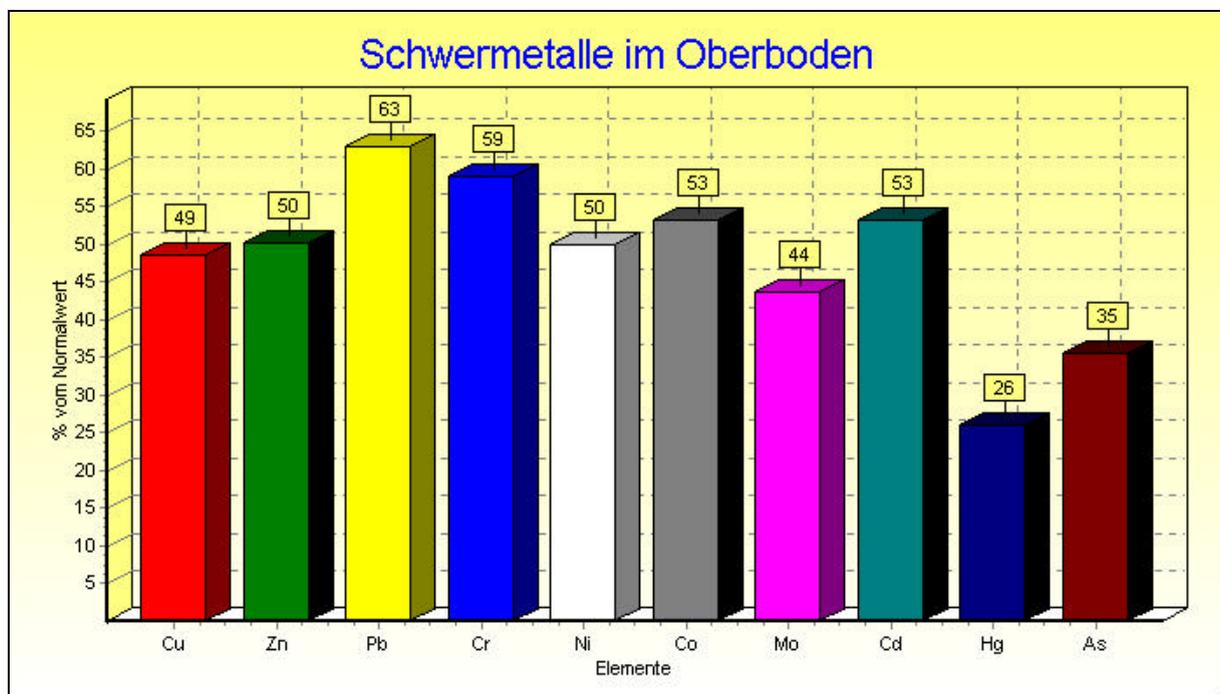
Um eine etwaige Schadstoffbelastung der Böden durch das Zementwerk Retznei bei Leibnitz feststellen zu können, wurde der Standort **VFC 1** eingerichtet.

Der Standort liegt nur ungefähr 200 Meter vom Industriebereich entfernt und wird derzeit landwirtschaftlich zur Maisproduktion genutzt.

Untersuchungsergebnisse:

Es wurden keine **Überschreitungen der Normalwerte** für Schwermetalle festgestellt.

Standort VFC 1



Die Schwermetallgehalte des Standortes sind auffallend niedrig, sodass nicht einmal die aus der Profilanalyse errechenbaren Anreicherungen von Blei und Cadmium im Oberboden (ubiquitäre Umweltbelastung) das positive Belastungsbild beeinflussen.

Da es zu keinen Grenzwertüberschreitungen der Schwermetallgehalte im Boden kommt, entfällt eine Untersuchung von Pflanzen.

Auffallend am Standort VFC 1 sind nur die sehr hohen Gehalte an **wasserlöslichem Fluor**, welche im Oberboden zwischen 4 und 5 ppm betragen. Ihre Herkunft ist sowohl durch einen Eintrag über Düngemittel, als auch den Industriestaub erklärbar.

Hartsteinbruch Preg

Um eine etwaige Schadstoffbelastung benachbarter Böden durch den Hartsteinbruch Preg bei Kraubath in der Obersteiermark feststellen zu können, wurde der Standort **VFI 2** eingerichtet.

Der Standort liegt nur wenige hundert Meter nordöstlich des Steinbruches und wird derzeit landwirtschaftlich als Wechselland (Futterpflanzen, Getreideanbau) genutzt.

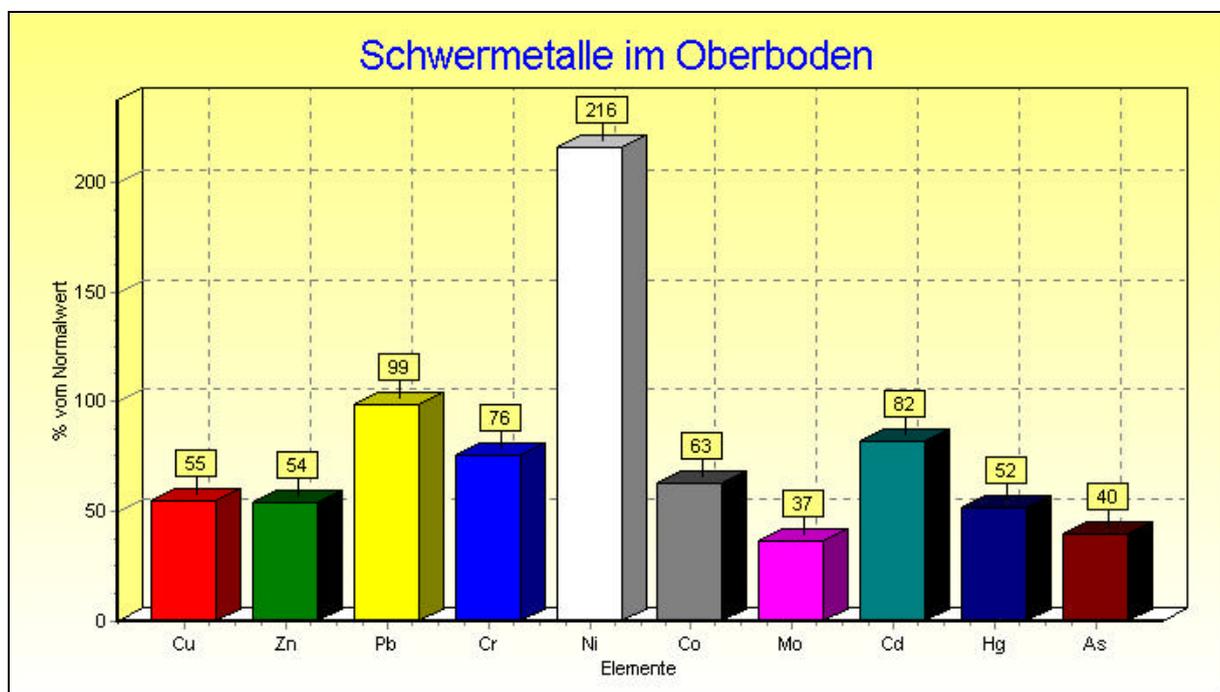
Untersuchungsergebnisse:

Überschreitungen der Normalwerte findet man beim Element: Nickel

Alle Schwermetallgehalte mit Ausnahme von **Nickel** weisen unauffällige Werte auf. Beim Nickel kommt es zu deutlichen Anreicherungen im Oberboden auf etwa den doppelten Gehalt des Unterbodens (geogener Background).

Ursache ist der Eintrag Nickel-belasteter Stäube aus dem Hartsteinbruch. Das dort verarbeitete Gestein enthält einen relativ hohen Anteil an Nickel-reichem Serpentin.

Standort VFI 2



Überschreitungen des gesetzlichen Grenzwertes findet man nur beim Element: Ni

Der gesetzlichen Vorgabe entsprechend wurden daher **Pflanzenproben** gezogen und auf ihren **Nickelgehalt** untersucht.

Untersucht wurden die am Untersuchungsstandort geernteten Gerstenkörner, am Acker verbliebenes Gerstenstroh und nach der Ernte am Feld frisch aufgegangenes Gras bzw. Getreide.

Außer dem mit Bodenpartikeln verschmutzten Gerstenstroh (8,61 mg Nickel / kg in der Trockensubstanz), weisen die Pflanzenproben als „normal“ geltende Nickelgehalte unter 3 mg/kg auf.

Lebensmittel-Richtwerte für Nickel gibt es nicht.

Kanzelsteinbruch bei Graz

Um etwaige Schadstoffeinträge durch die Staubbelastung vom Kanzelsteinbruch bei Graz in Böden feststellen zu können, wurde der Untersuchungsstandort **VFI 1** eingerichtet.

Der Grünlandstandort liegt ca. 300 m östlich des Steinbruches auf einer Anhöhe und wird derzeit landwirtschaftlich zu Futter- und Weidezwecken genutzt.

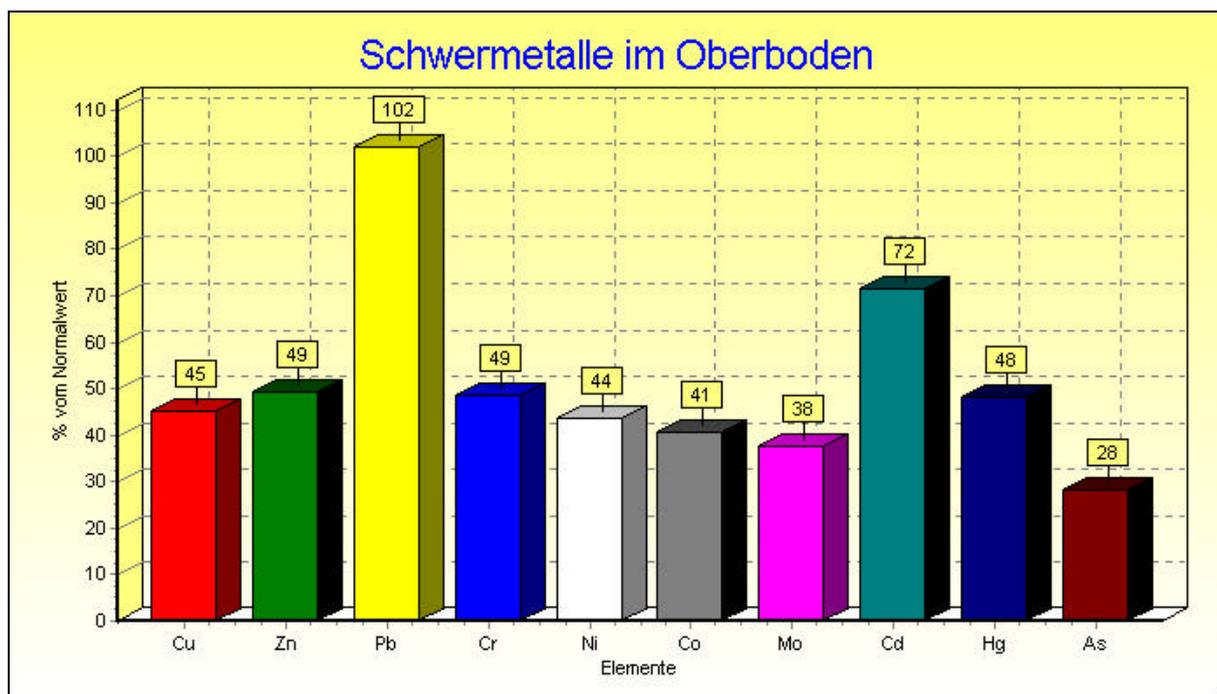
Untersuchungsergebnisse:

Überschreitungen der Normalwerte findet man beim Element: **Blei**

Die festgestellten erhöhten **Bleigehalte** sind vernachlässigbar gering. Sie wurden im Oberboden nur in einem Untersuchungsjahr und im Horizont 5-20 cm gemessen.

Es ist aus den gemessenen Schwermetallgehalten des Bodens kein Einfluß aus den Tätigkeiten des benachbarten Steinbruches erkennbar.

Standort VFI 1



Da es zu keinen Grenzwertüberschreitungen der Schwermetallgehalte im Boden kommt, entfällt eine Untersuchung von Pflanzen.

4. Bodenbeeinflussungen durch den Straßenverkehr

Bei den im folgenden besprochenen Standorten handelt es sich um landwirtschaftlich genutzte Flächen, welche in der Nähe von stark befahrenen Straßen liegen und daher möglicherweise einer Schadstoffbelastung durch den Verkehr ausgesetzt sind.



An folgenden Verkehrswegen wurden Untersuchungen durchgeführt:

- Standorte VFF 1 – 3 an der Ennstal-Bundesstraße
- Standorte VFF 4 – 6 an der Nordausfahrt von Graz
- Standort VFF 7 an der Packautobahn

Als „klassische“ verkehrsbedingte Umweltschadstoffe sind die Schwermetalle Blei, Zink und Cadmium anzusehen.

Blei wurde früher dem Treibstoff in Form von Bleitetraethyl als Antiklopfmittel zugesetzt. Seit 1971 wurde der Bleigehalt im Treibstoff schrittweise gesenkt. Seit 1. 10. 1985 ist Normalbenzin in Österreich praktisch bleifrei. Superbenzin enthielt damals noch 0,15 g Blei /l, welches später durch organische Stoffe ersetzt wurde. Heute enthält der Treibstoff bei uns Blei nur mehr als Verunreinigung in Spuren.

Innerhalb von Europa soll die Verwendung von bleihaltigem Benzin bis spätestens zum Jahr 2005 der Vergangenheit angehören.

Das Element **Zink** gelangt über Korrosionsschutzmittel und den Abrieb von Reifen, welchen es als Zusatzstoff beigemischt wird, in die Umwelt. Auch als Additiv zu Motorölen werden Zinkverbindungen eingesetzt.

Der Schadstoff **Cadmium** ist als Verunreinigung mit dem Zink vergesellschaftet.

Weitere Schadstoffquellen sind der Abrieb von Brems- und Kupplungsbelägen, sowie die Fahrbahnabnutzung.

Als Folge der Katalysatorabnutzung ist heute auch schon eine Belastung der Umwelt mit dem Edelmetall **Platin** in Diskussion.

Bei der Treibstoffverbrennung entstehen neben gasförmigen Schadstoffen auch die krebserregenden **polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAH's)**, welche – an Rußpartikel gebunden – hauptsächlich von Dieselkraftfahrzeugen emittiert werden.

Wie Untersuchungen des Umweltbundesamtes 1988 an Böden neben der Tauernautobahn zeigen, nimmt die Bleibelastung durch den Verkehr sehr rasch mit der Entfernung zur Straße ab. Bereits nach 10 Metern sinken die Bleigehalte im Oberboden auf das übliche, ubiquitäre Belastungsniveau ab und sind nicht mehr unmittelbar mit der Verkehrsnähe in Verbindung zu bringen. Bei speziellen geländemorphologischen Besonderheiten (Senken, Prallhänge) sind allerdings andere Entfernungsabhängigkeiten zu erwarten.

Bei den Elementen Zink und Cadmium war die Korrelation zwischen Belastung und Entfernung nicht so eindeutig, wie beim Blei. Die Verkehrsbelastung durch PAH's wiederum weist eine deutliche Abhängigkeit zur Straßennähe auf.

Zu den hier präsentierten Untersuchungen des Bodenschutzprogrammes ist anzumerken, dass die Probennahme am Untersuchungsstandort nicht punktförmig erfolgt, sondern flächenhaft. Dazu werden ausgehend vom Mittelpunkt des Standortes kreisförmig im Abstand von 10 Metern in den Haupthimmelsrichtungen vier Einzelproben gezogen, welche dann zu einer Mischprobe vereint werden. Im Jahr darauf erfolgt analog dazu eine Probennahme in den vier Nebenhimmelsrichtungen.

Da die Ergebnisse der Untersuchungen beider Jahre im Normalfall übereinstimmen, kann letztlich ein Mischwert aus 8 Einzelproben als Maß für die Untersuchungsfläche herangezogen werden.

Die Entfernungsangaben der Untersuchungsstandorte zur Straße werden immer vom Mittelpunkt der Untersuchungsfläche zum Straßenrand hin gemessen.

Ennstal-Bundesstraße

Die Bundesstraße durch das Ennstal ist eine stark befahrene Transitroute mit bedeutendem Anteil an Lokal- und Ausflugsverkehr. Da unmittelbar an die Straße landwirtschaftlich genutzte Flächen (meist Grünland zu Futter- und Weidezwecken) angrenzen, ist eine Schadstoffkontrolle angebracht.

Es wurden drei Standorte in der Nähe der Ortschaft Niederstuttern untersucht. Die Standorte VFF 1 und 2 liegen nordwestlich der Straße auf einem 6-7 Grad ansteigendem Hang. Die Entfernungen zum Straßenrand betragen 20 (**VFF 1**), bzw. 55 (**VFF 2**) Meter. Etwa 150 m von der Straße entfernt liegt oberhalb der beiden Standorte der alte Rasterpunkt LIG 9, welcher zusätzlich als Vergleich herangezogen werden kann.

Der Standort **VFF 3** liegt 20 m südöstlich der Straße in einer fast ebenen Grünfläche, welche ca. 3 m unter dem Straßenniveau liegt und durch eine steile Böschung morphologisch getrennt ist.

Die stärkste Belastung wurde am Standort VFF 3 erwartet, da er unter dem Straßenniveau gelegen mehr Verkehrsemissionen abbekommen sollte, als der gleich weit entfernte – aber etwas höher als die Straße liegende – Standort VFF 1. Zu den Punkten VFF 2 bzw. LIG 9 hin müßte sich die Belastung wieder normalisieren.

Doch es kam anders als gedacht:

Untersuchungsergebnisse:

Überschreitungen der Normalwerte findet man bei den Elementen:

VFF 1:	Cu, Pb, Cr, Ni, Co, Mo, Cd
VFF 2:	Cu, Pb, Cr, Ni, Co, Mo, Cd
VFF 3:	Cu, Pb, Cr, Mo, Cd

Die festgestellten Bodenbelastungen sind überwiegend geogener Herkunft und lassen bis auf die mäßige Cadmiumanreicherung im Oberboden des Standortes VFF 3 keinen nennenswerten Einfluß des Verkehrs erkennen.

Die folgende Tabelle zeigt den potentiellen Schadstoffeintrag (abgeschätzt aus der Differenz Ober- minus Unterboden) der Untersuchungsstandorte im Vergleich mit dem Schadstoffanteil der durchschnittlichen – in der Steiermark üblichen – Umweltbelastung (Bodenschutzbericht 1998, Seite 68).

Aus der Lage der Standorte zur Straße wurde eine Abnahme der Belastungen in folgender Reihenfolge vermutet: VFF 3 > VFF 1 > VFF 2

Vergleich der Schwermetallgehalte (in mg/kg der Differenz aus Ober- minus Unterboden) der Standorte VFF 1 – 3 entsprechend ihrer Entfernung zur Straße:

Element	VFF 3 (20 m)	VFF 1 (20 m)	VFF 2 (55 m)	Übliche Belastung
Kupfer (Cu)	< 0	< 0	< 0	10
Zink (Zn)	3,6	16,3	< 0	26
Blei (Pb)	< 0	11,6	1,2	12
Chrom (Cr)	< 0	< 0	9	17
Nickel (Ni)	< 0	< 0	< 0	8
Kobalt (Co)	< 0	< 0	< 0	5
Molybdän (Mo)	0,26	0,13	0	0,3
Cadmium (Cd)	0,24	0,06	0,13	0,15
Quecksilber (Hg)	0,01	0,01	0,01	0,1
Arsen (As)	< 0	< 0	< 0	5

Der Großteil der Differenzen liegt innerhalb der analytischen Schwankungen oder kann durch die übliche Umweltbelastung erklärt werden.

Eine Differenz „< 0“ ergibt sich dann, wenn der Schwermetallgehalt des Unterbodens höher ist, als jener des Oberbodens, wie es bei Elementen mit typisch geogener Herkunft üblich ist.

Einzig für **Cadmium** am Standort VFF 3 ist die Anreicherung im Oberboden so groß, dass ein leichter Einfluß aus dem Straßenverkehr angenommen werden kann.

Zusammengefaßt ist die Bodenbelastung durch den Verkehr an den untersuchten Standorten vernachlässigbar. Probleme bereitet nur der bei mehreren Schwermetallen erhöhte geogene Gehalt. Auch der Rasterpunkt LIG 9 weist ein ähnliches Belastungsbild auf.

Überschreitungen des gesetzlichen Grenzwertes findet man bei den Elementen:

VFF 1: Cr, Ni
 VFF 2: Cr, Ni
 VFF 3: As

Der gesetzlichen Vorgabe entsprechend wurden daher **Pflanzenproben** gezogen und auf jene Schadstoffe, wo es zu Überschreitungen kommt untersucht.

Die **Chrom-** und **Nickelgehalte** der untersuchten Grasproben an den Standorten **VFF 1** und **2** sind gegenüber „normalen“ Werten leicht erhöht.

Die Chromgehalte liegen zwischen 2 und 3 mg/kg, bei Nickel zwischen 3 und 5 mg/kg in der Trockensubstanz.

„Normalbereiche“: Chrom (0,1-1 mg/kg)

Nickel (0,1-3 mg/kg)

Ursache der gefundenen erhöhten Gehalte dürfte eine Partikelkontamination durch den Weidebetrieb sein. Da die beiden Schwermetalle im Boden geogener Herkunft sind, ist kein Zusammenhang mit dem Straßenverkehr gegeben.

Futtermittel-Richtwerte für Chrom und Nickel gibt es keine.

Die Bodengehalte der **polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAH's)** weisen an allen Standorten PAH-Summen unter 200 ppb auf, was als ubiquitär übliche Belastung zu werten ist. Ein nur im Erstbeprobungsjahr des Standortes VFF 3 festgestellter Wert von 475 ppb PAH-Summe muß erst noch verifiziert werden.

Nordausfahrt von Graz

Es wurden entlang einer stark befahrenen Ausfahrtsstraße von Graz drei Untersuchungsstellen eingerichtet. Die Standorte VFF 4 – 6 befinden sich 35 m vom Straßenrand entfernt, sind aber durch Pflanzenbewuchs unterschiedlich gut von etwaigen Schadstoffbelastungen aus dem Straßenverkehr abgeschirmt.

Der Standort **VFF 4** liegt in einem Dauergrünland (Pferdekoppel) und ist durch zwei Busch- bzw. Baumreihen sehr gut zur Straße hin abgeschirmt.

Zirka 150 m weiter westlich befindet sich der Standort **VFF 5**. Er wird ackerbaulich zur Klee- und Getreideproduktion genutzt und ist nur durch eine Buschreihe von der Straße getrennt.

Nach weiteren rund 130 m Richtung Westen kommt man zum Punkt **VFF 6**, der ebenfalls ackerbaulich genutzt wird, aber keine Abschirmung zur Straße hin hat.

Ziel der Untersuchung war es – falls es zu einer Belastung durch den Verkehr kommt – die Effektivität des die Straße begrenzenden Pflanzenbewuchses als „Schadstofffänger“ nachzuweisen.

Erwartet wurde eine Abnahme der Belastungen in der Reihenfolge:

VFF 6 > VFF 5 > VFF 4

Untersuchungsergebnisse:

Bei allen drei Standorten (VFF 1 – 3) findet man beim Schadstoff **Blei** geringfügige **Überschreitungen der Normalwerte**.

Bei den Metallen Blei, Molybdän und Cadmium sind Anreicherungen im Oberboden festzustellen.

Um eventuelle Unterschiede in der Belastung der Standorte erkennen zu können, werden wieder die Differenzen der Schwermetallgehalte aus Ober- minus Unterboden gegenüber gestellt.

Vergleich der Schwermetallgehalte (in mg/kg der Differenz aus Ober- minus Unterboden) der Standorte VFF 4 – 6 entsprechend ihrer Abschirmung zur Straße:

Element	VFF 4	VFF 5	VFF 6	Übliche Belastung
Zink (Zn)	8,4	8,4	13,0	26
Blei (Pb)	10,1	13,4	18,4	12
Molybdän (Mo)	0,17	0,16	0,26	0,3
Cadmium (Cd)	0,08	0,10	0,13	0,15

Obwohl die Unterschiede in den Anreicherungen der Schwermetalle im Boden sehr gering sind und sich die meisten Werte im Bereich üblicher Belastungen bewegen, kann man vor allem beim **Blei** einen Beweis der Nützlichkeit von Buschreihen als „Schadstofffänger“ erkennen.

Absolut betrachtet sind die Schwermetallgehalte jedoch so gering, dass die Verkehrsbelastung der untersuchten Standorte als vernachlässigbar gelten kann.

Da es zu keinen Grenzwertüberschreitungen der Schwermetallgehalte im Boden kommt, entfällt auch eine Untersuchung von Pflanzen.

Die Bodengehalte der **polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAH's)** weisen an allen Standorten PAH-Summen von ca. 400 ppb auf, was als erhöhte Belastung zu werten ist.

Packautobahn

Die Autobahn über den Packsattel ist Teil einer wichtigen Transit- und Urlaubsrouten und daher auch sehr stark frequentiert.

Der Untersuchungsstandort **VFF 7** wurde in ca. 40 Metern Entfernung zu den Brückensteinen der Autobahn eingerichtet, welche in diesem Bereich über eine Hochbrücke geführt wird.

Die Fläche der Untersuchungsstelle wird als mehrschnittige Wiese und als Weide genutzt.

Untersuchungsergebnisse:

Überschreitungen der Normalwerte findet man bei den Elementen: Pb, Cd.

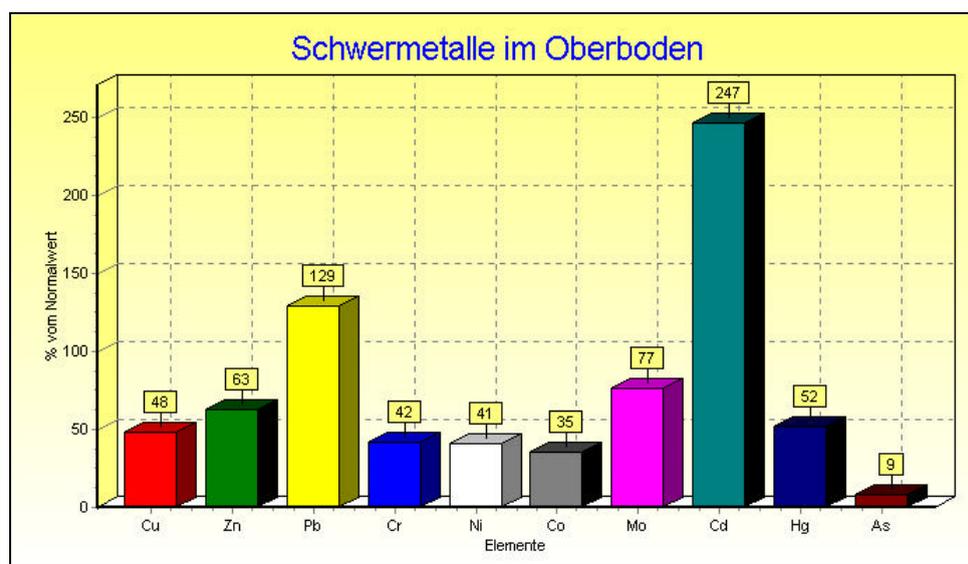
Bei den verkehrsrelevanten Schadstoffen Zink, Blei und Cadmium findet man Anreicherungen im Oberboden, welche vor allem beim **Blei** und **Cadmium** deutlich auf eine Belastung durch den Verkehr hinweisen. Auch der alte Rasterstandort GUC 4 im Einflußbereich der Gleinalm-Autobahn weist ein ähnliches Belastungsbild auf.

Der geogene Background an Schwermetallen ist in diesem Bereich von Natur aus sehr niedrig, sodass anthropogene Schadstoffeinflüsse sich deutlich von den Gehalten im Untergrund abheben.

Schwermetallgehalte im Bodenhorizont/Untersuchungsjahr in mg/kg (ppm): **VFF 7**

Element	0 – 5 cm 1997	0 – 5 cm 1998	5 – 20 cm 1997	20 – 50 cm 1997	Normalwert
Kupfer (Cu)	25,0	23,4	22,7	26,3	50
Zink (Zn)	88,0	88,4	52,0	62,0	140
Blei (Pb)	38,3	39,2	19,4	13,1	30
Chrom (Cr)	34,7	31,7	31,1	28,8	80
Nickel (Ni)	25,4	23,4	25,0	32,6	60
Kobalt (Co)	10,5	10,7	9,6	9,9	30
Molybdän (Mo)	1,20	1,10	0,98	1,15	1,5
Cadmium (Cd)	0,68	0,80	0,11	0,06	0,30
Quecksilber (Hg)	0,13	0,13	0,12	0,13	0,25
Arsen (As)	3,8	3,0	3,7	2,0	40

Standort VFF 7



Da es zu keinen Grenzwertüberschreitungen der Schwermetallgehalte im Boden kommt, entfällt auch eine Untersuchung von Pflanzen.

Die Bodengehalte der **polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAH's)** weisen eine PAH-Summe von ca. 400-500 ppb auf, was als erhöhte Belastung zu werten ist. Als Verursacher ist unter anderem der Verkehr anzunehmen.

5. Bodenbelastung an Tontaubenschießplätzen



In der Steiermark gibt es derzeit etwa 15 größere Wurf-scheibenanlagen. An zwei dieser Anlagen wurden 1997 im Rahmen der Untersuchungen „potentielle Kontaminationsflächen in der Steiermark“ Standorte eingerichtet um die Auswirkungen des Schießbetriebes auf die landwirtschaftlich genutzten Böden zu untersuchen.

Wie aus einem Bericht des Umweltbundesamtes („Wurftaubenschießen: Auswirkungen auf die Umwelt“, 1995) hervorgeht, kommt es an Tontaubenschießplätzen zu erheblichen Belastungen des Bodens mit diversen Schwermetallen (vor allem Blei) und polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAH's). Eine Grundwassergefährdung ist dabei nicht auszuschließen.

Der üblicherweise verwendete **Bleischrot** besteht zu 90-95 % aus Blei und enthält nebenbei auch Antimon und Arsen. Bleischrot kann überdies mit Nickel ummantelt sein. Als Blei-Alternative bietet sich Weicheisenschrot an, der jedoch ungünstigere ballistische Eigenschaften aufweist. Um dies auszugleichen muß eine größere Körnung verwendet werden, was wiederum eine stärkere Treibladung erfordert und damit die Lärmbelästigung erhöht.

Die verwendeten **Wurfscheiben** („Tontauben“) enthalten als Bindemittel Steinkohlenteerpech, Asphalt, oder Bitumen und sind daher mit PAH's verunreinigt. Der Farbanstrich der Tontauben enthielt früher Schwermetalle (meist Bleichromat). Heute werden jedoch meist Anstriche auf rein organischer Basis eingesetzt.

Als weitere Verunreinigungen an Schießplätzen fallen Patronenhülsen und Schrotbecher aus Kunststoff an.

Die höchsten Bodenbelastungen durch den Bleischrot findet man auf ebenen Schießanlagen im Bereich 120 – 140 m Entfernung zur Wurfanlage. Der höchste Anteil an Wurftaubensplittern liegt im Bereich von 40 – 60 m.

Schwermetalle in Tontauben:

Es wurden stichprobenartig zwei verschieden gefärbte Tontauben, welche derzeit verwendet werden auf ihre Schwermetallgehalte hin analysiert.

Schwermetallgehalte in Tontauben (mg/kg):

Element	Tontaube (orange)	Tontaube (gelb)
Kupfer (Cu)	1,2	2,3
Zink (Zn)	33,4	27,6
Blei (Pb)	23,8	39,6
Chrom (Cr)	1,6	5,4
Nickel (Ni)	1,6	0,9
Kobalt (Co)	1,2	0,4
Molybdän (Mo)	0,59	1,41
Cadmium (Cd)	0,75	0,69
Quecksilber (Hg)	0,02	0,03
Arsen (As)	3,2	2,2

Die gefundenen erhöhten Gehalte an Zink, Blei, Molybdän und Cadmium entsprechen üblichen Umwelt-Schadstoffwerten im Boden und dürften daher nicht aus der verwendeten Farbe, sondern eher aus dem zur Herstellung der Tontauben verwendeten Gesteinsmehl stammen.

Wurftaubenstand Gamlitz

Die Schießanlage in Gamlitz (Bezirk Leibnitz) ist seit etwa 30 Jahren in Betrieb. In Schußrichtung befindet sich eine 15 Grad steil abfallende Grünfläche, welche derzeit landwirtschaftlich zu Futter- und Weidezwecken (Pferde) genutzt wird. Nach ca. 100 m ab dem Wurfstand befindet sich ein Wald.

Der Großteil des Bleischrots geht im Wald nieder und wurde bei den Untersuchungen im Rahmen des landwirtschaftlichen Bodenschutzprogrammes nicht erfaßt.

Es wurden drei Untersuchungsstellen eingerichtet:

- VFA 1: 40 m von der Wurfanlage entfernt
- VFA 2: 80 m von der Wurfanlage entfernt
- VFA 3: Kontrollpunkt seitlich hinter der Wurfanlage

Untersuchungsergebnisse:

Überschreitungen der Normalwerte findet man nur beim Element Blei (VFA 1+2).

Die festgestellten Überschreitungen des Normalwertes für **Blei** im Boden sind minimal. Die Belastungen befinden sich nur im Oberboden und betreffen am Standort VFA 2 nur ein Untersuchungsjahr.

Um den Einfluß des Schießbetriebes auf den Boden feststellen zu können, werden nun die gemessenen Mittelwerte (Erst- und Wiederholungsjahr) der Schadstoffgehalte im Oberboden gegenübergestellt.

Vergleich der Schwermetallgehalte (in mg/kg) und PAH (in ng/g) im Oberboden:

Schadstoff	VFA 1 (40 m)	VFA 2 (80 m)	VFA 3 (Kontrolle)	Normalwert
Kupfer (Cu)	14,7	13,4	18,1	50
Zink (Zn)	58,9	56,5	76,5	140
Blei (Pb)	39,0	27,4	12,0	30
Chrom (Cr)	32,4	29,9	34,0	80
Nickel (Ni)	14,3	14,5	16,8	60
Kobalt (Co)	7,3	7,2	6,6	30
Molybdän (Mo)	0,74	0,82	0,94	1,5
Cadmium (Cd)	0,12	0,12	0,14	0,30
Quecksilber (Hg)	0,11	0,11	0,08	0,25
Arsen (As)	7,6	7,6	6,7	40
Summe PAH	33.549	43.897	270	200

Da der verschossene Bleischrot über die Untersuchungsstandorte hinweg im Wald niedergeht, dürften die im Vergleich zum Kontrollpunkt VFA 3 leicht erhöhten Bleiwerte der Standorte VFA 1 und 2 vom Blei, welches in den Tontaubenscherben enthaltenen ist, stammen.

Der Großteil der Tontaubenscherben geht im Bereich des Standortes VFA 1 nieder. Es wurde jedoch im Zuge von früheren Planierungsarbeiten Bodenmaterial vom Oberhang in den Bereich des Standortes VFA 2 verlagert. Dies erklärt auch die ähnlich extremen **PAH-Gehalte** beider Standorte.

Die beiden Standorte VFA 1 und 2 sind bodenkundlich gesehen Planieböden. An der Untersuchungsstelle VFA 1 werden Tontaubenscherben bis in eine Tiefe von ca. 40 cm gefunden, beim Punkt VFA 2 sogar tiefer als 1 Meter.

Die Verteilung der Tontaubenscherben im Boden ist selbstverständlich sehr inhomogen, sodass es bei der Analyse zu großen Schwankungen zwischen den einzelnen Bestimmungen kommt.

Die folgende Tabelle zeigt die große Schwankungsbreite zwischen Erst- und Wiederholungsuntersuchung, sowie den Einfluß der Planierungsarbeiten auf die Gehaltsabfolge der einzelnen Bodenhorizonte (normalerweise sinkt der PAH-Gehalt mit zunehmender Bodentiefe rasch ab; am Standort VFA 2 ist der unterste untersuchte Horizont sogar stärker belastet als der mittlere).

PAH-Summe (Gehalte in ng/g) in Abhängigkeit von der Entnahmetiefe und Probennahmejahr:

Tiefe (cm)	Probennahmejahr	VFA 1	VFA 2
0-5	1997	22.488	58.014
0-5	1998	44.610	29.780
5-20	1997	1.178	4.572
20-50	1997	370	12.482

Da es zu keinen Grenzwertüberschreitungen der Schwermetallgehalte im Boden kommt, entfällt eine Untersuchung von Pflanzen.

Um eine eventuelle Gefährdung durch das im Wald abgelagerte Blei bzw. die im Boden festgestellten PAH's erkennen zu können, wurden von der Fachabteilung Ia Wasserproben aus dem belasteten Einzugsbereich untersucht:

Es wurden keine erhöhten Schadstoffgehalte im Wasser festgestellt, sodass nach dem derzeitigen Untersuchungsstand auch keine unmittelbare Gefährdung durch die vom Schießbetrieb ausgehenden Bodenbelastungen erkennbar ist.

Schießstätte Obergnas

Die Schießanlage in Obergnas (Bezirk Feldbach) ist seit etwa 30 Jahren in Betrieb. In Schußrichtung befindet sich ein ebener Acker, welcher derzeit landwirtschaftlich zur Maisproduktion genutzt wird.

Es wurden drei Untersuchungsstellen eingerichtet:

- VFA 4: Kontrollpunkt seitlich abseits der Schießanlage
- VFA 5: 130 m von der Wurfanlage entfernt
- VFA 6: 50 m von der Wurfanlage entfernt

Untersuchungsergebnisse:

Überschreitungen der Normalwerte findet man bei den Elementen:

VFA 4: Pb, As
VFA 5: Pb
VFA 6: Pb

Die festgestellten Überschreitungen des Normalwertes für **Blei** im Boden der Standorte **VFA 4** und **6** (Kontrollpunkt und 50 m – Punkt) sind minimal. Die Belastungen befinden sich nur im Oberboden und sind auf die ubiquitäre Umweltbelastung zurückzuführen.

Am Standort **VFA 5** (130 m Entfernung zur Wurfanlage) jedoch geht die Hauptmenge des verschossenen Bleischrots nieder. Hier kommt es zu massiven Anreicherungen des Schadstoffes im Oberboden (0-20 cm). Auch in der Bodenschicht 20-50 cm ist der **Blei-gehalt** auf Grund der Ackerung des Standortes noch erhöht. Erst im Unterboden (50-70 cm) findet man den ursprünglichen, natürlichen Gehalt wieder. Die Bleigehalte im Oberboden sind etwa 100 mal höher !

Der am Kontrollstandort **VFA 4** festgestellte erhöhte Gehalt an **Arsen** ist noch ungeklärter Herkunft. Er könnte aber, da es sich um eine offenbar anthropogen verursachte Anreicherung im Oberboden handelt, aus einer früheren Spritzmittelanwendung stammen. Auch der erhöhte Gehalt an PAH's an diesem Standort ist nicht mit dem Schießbetrieb in Zusammenhang zu bringen.

Die Hauptmenge der über die Tontaubenscherben eingebrachten **PAH's** landet am Standort **VFA 6** in etwa 50 m Entfernung zum Wurfstand. Es werden ähnlich extrem hohe Gehalte, wie bei der Schießanlage in Gamlitz festgestellt.

Um den Einfluß des Schießbetriebes auf den Boden zu dokumentieren, werden nun die gemessenen Mittelwerte (Erst- und Wiederholungsjahr) der Schadstoffgehalte im Oberboden gegenübergestellt.

Vergleich der Schwermetallgehalte (in mg/kg) und PAH (in ng/g) im Oberboden:

Schadstoff	VFA 6 (50 m)	VFA 5 (130 m)	VFA 4 (Kontrolle)	Normalwert
Kupfer (Cu)	36,4	33,9	34,7	50
Zink (Zn)	118,8	103,9	106,4	140
Blei (Pb)	37,2	1.368,8	31,6	30
Chrom (Cr)	63,2	56,1	58,2	80
Nickel (Ni)	49,0	44,0	44,3	60
Kobalt (Co)	19,3	17,0	19,1	30
Molybdän (Mo)	0,41	0,37	0,56	1,5
Cadmium (Cd)	0,22	0,20	0,23	0,30
Quecksilber (Hg)	0,15	0,13	0,15	0,25
Arsen (As)	25,0	19,6	58,4	40
Summe PAH	23.535	101	389	200

Man erkennt sehr deutlich den enormen Schadstoffeintrag durch den Schießbetrieb.

Die Verteilung der Schadstoffe im Boden ist selbstverständlich sehr inhomogen, sodass es bei der Analyse zu großen Schwankungen zwischen den einzelnen Bestimmungen kommt.

Überschreitungen des gesetzlichen Grenzwertes findet man bei den Elementen:

VFA 4:	As
VFA 5:	Pb
VFA 6:	As

Der gesetzlichen Vorgabe entsprechend wurden daher **Pflanzenproben** gezogen und auf jene Schadstoffe, wo es zu Überschreitungen kommt untersucht.

An allen drei Standorten wurden Maispflanzen untersucht, wobei jeweils drei Pflanzenteile (Stengel, Hüllblätter und Kolben) getrennt analysiert wurden.

Mit Ausnahme des **Bleigehaltes** im Maisstengel des Standortes **VFA 5** liegen alle untersuchten Schwermetalle in den als „normal“ anzusehenden Gehaltsbereichen.

Der erhöhte Bleigehalt (12,38 mg/kg in der Trockensubstanz) könnte auf Schrotreste im Maisstengel zurückzuführen sein. Der für Pflanzen „normale“ Gehaltsbereich für Blei beträgt 0,1-6 mg/kg in der Trockensubstanz.

Da der Schießbetrieb auch während der Zeit aufrecht ist, wenn der Mais voll ausgewachsen ist (dies war an den Maispflanzen am Standort VFA 5 deutlich zu erkennen), besteht die Möglichkeit, dass Bleischrot direkt über das Futtermittel Mais in den Lebensmittelkreislauf gelangt.

Eine zeitliche Beschränkung des Schießbetriebes, oder eine Änderung der landwirtschaftlichen Nutzung erscheint hier dringend notwendig.

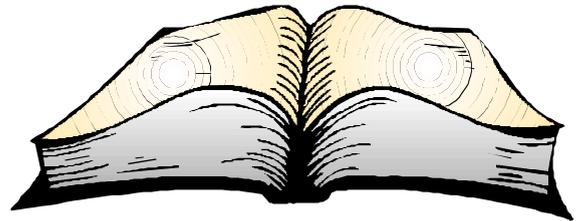
Zusammenfassung

Der Wunsch nach einer chemisch-analytischen Untersuchung von Böden hatte früher neben dem wissenschaftlichen Erkenntnisdurst von Bodenkundlern und Geologen oft eine rein wirtschaftliche Komponente – jene der Rohstoffprospektion und der Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion über Düngemittelgaben.

Doch Bodenanalytik ist (heute) mehr !

Bodenanalytik ist ein Blättern im Geschichtsbuch der Umweltsünden.

Über Untersuchungen des Wassers und der Luft ist es meist nur möglich aktuelle Belastungen unserer Umwelt zu erkennen. Im Boden jedoch werden Schadstoffe oft über sehr lange Zeiträume – mitunter für immer – gespeichert. Dadurch ist es möglich bisher unerkannte Gefahrenpotentiale zu erkennen. Die Untersuchungsergebnisse des vorliegenden Berichtes liefern diesbezüglich eine Fülle an Information.



Bodenanalytik ist Grundlagenforschung zur Produktion gesunder Lebensmittel.



Der Wunsch des Konsumenten nach gesunden Lebensmitteln setzt als Produktionsgrundlage unter anderem einen gesunden Boden voraus. Die Arbeiten des Bodenschutzprogrammes liefern dazu, durch das Erkennen von anthropogenen und geogenen Belastungen des Bodens, wesentliche Erkenntnisse.

Bodenanalytik ist ein wichtiger Teil einer umfassenden Umweltkontrolle.

Nur durch die gemeinsame - einander sich ergänzende - Kontrolle von Boden, Wasser, Luft, Futter- und Lebensmitteln kann ein befriedigend umfassendes Bild über Umweltgefährdungen von Mensch, Tier und Pflanze gewonnen werden.

In diesem Bericht:

Das Thema des vorliegenden Berichtes „potentielle Kontaminationsflächen in der Steiermark“ behandelt Belastungen an landwirtschaftlich genutzten Böden ⇒

- in historischen Bergbaugebieten und
- Industrieregionen,
- durch den Straßenverkehr und
- an Tontaubenschießplätzen.

Die Auswahl der potentiellen Kontaminationsflächen erfolgte so, dass ein Maximum an Belastungen erwartet werden konnte.

Basierend auf den Beurteilungsgrundlagen, welche die statistischen Auswertungen an 392 Standorten des 4x4 km - Rasters der Steiermark ergeben haben (Bodenschutzbericht 1998), werden die Untersuchungsergebnisse an 87 neuen Untersuchungsstellen diskutiert.

Folgende **Extremwerte** an Bodenschadstoffen wurden festgestellt (alle Horizonte):

Extremwerte an Schwermetallen (in mg/kg) und PAH's (in ng/g) in Böden:

Schadstoff	Maximalgehalte Im Boden	Normalwert	Grenzwert
Kupfer (Cu)	815	50	100
Zink (Zn)	2.280	140	300
Blei (Pb)	17.880	30	100
Chrom (Cr)	544	80	100
Nickel (Ni)	904	60	60
Kobalt (Co)	54	30	50
Molybdän (Mo)	30,5	1,5	10
Cadmium (Cd)	7,2	0,30	2
Quecksilber (Hg)	29,5	0,25	2
Arsen (As)	1.897	40	(20)
Summe PAH's	58.014	200	---

Der für die Beurteilung der Schwermetallgehalte herangezogene **Normalwert** stellt den durchschnittlichen Hintergrundwert (naturegebener, geogener Background) in der Steiermark dar. Der **Grenzwert** ist der vom Gesetz festgelegte Bodengehalt bei dessen Überschreitung weitere Untersuchungen (Pflanzen, Abklärung von Herkunft und Verbreitung des Schadstoffes) erfolgen müssen.

Beim Arsen wird hier der international übliche Richtwert angeführt.

Für die Summe der polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAH's) wird als Normalwert der Gehalt angegeben, der noch als ubiquitäre Belastung angesehen werden kann.

Eine **Gefährdung** kann aus einer Überschreitung der Richtwerte jedoch **nicht** abgeleitet werden. Dazu sind weitere Untersuchungen von Wasser, Futter- und Lebensmitteln notwendig.

Die festgestellten Bodenbelastungen sind meist **sehr kleinräumig** und wurden daher auch nicht vom grobmaschigen 4x4 km Rasternetz der Steiermark erfaßt.

Untersuchungen in historischen Bergbaugebieten:

Es kommt abhängig von den jeweiligen mineralogischen Gegebenheiten der Region bei verschiedenen Elementen zu teils massiven Überschreitungen der Normalwerte.

Die wichtigsten Bodenbelastungen durch Schwermetalle (alle Horizonte):

Region	Element	Maximum (ppm)	Normalwerte (ppm)
St. Blasen - Karchau	Blei	1188	30
	Cadmium	1,66	0,30
	Arsen	704	40
Kothgraben bei Kleinfestritz	Arsen	1477	40
Straßegg bei Gasen	Blei	386	30
	Chrom	544	80
	Nickel	280	60
	Arsen	1897	40
Schladming	Blei	125	30
Obertal bei Schladming	Blei	795	30
	Arsen	130	40
Preuneggatal	Nur geringfügig erhöhte Werte.		
Pichl an der Enns	Kupfer	815	50
	Blei	2032	30
	Nickel	904	60
	Cadmium	0,98	0,30
Walchen bei Öblarn	Blei	171	30
	Arsen	100	40
Johnsbach	Kupfer	310	50
Radmer an der Hasel	Kupfer	230	50
	Quecksilber	1,83	0,25
Kalwang	Nur geringfügig erhöhte Werte.		
Oberzeiring	Kupfer	400	50
	Zink	440	140
	Blei	17880	30
	Cadmium	2,13	0,30
	Quecksilber	1,76	0,25
	Arsen	465	40

Region	Element	Maximum (ppm)	Normalwerte (ppm)
Arzwaldgraben, Rabenstein und Deutschfeistritz	Zink	2056	140
	Blei	6640	30
	Molybdän	4,78	1,5
	Cadmium	7,20	0,30
	Quecksilber	2,10	0,25
Arzberg – Haufenreith	Zink	2280	140
	Blei	1552	30
	Cadmium	6,44	0,30
	Quecksilber	0,93	0,25

In der Nähe der ehemaligen Messinghütte in Frauenthal bei Deutschlandsberg wurden nur relativ geringfügige Anreicherungen von **Kupfer** und **Zink** im Oberboden gefunden.

Zusammenfassend dargestellt, kommt es in der Steiermark durch die häufig vorkommenden, kleinräumigen Vererzungen und historischen Bergbautätigkeiten zu teilweise extremen Bodenbelastungen. Diese sind zwar lokal eng begrenzt, können aber im Einzelfall Probleme verursachen.

Bodenbelastungen in Industrieregionen:

Die wichtigsten Bodenbelastungen durch Schwermetalle (alle Horizonte):

Region	Element	Maximum (ppm)	Normalwerte (ppm)
Leoben-Donawitz	Zink	314	140
	Blei	96	30
	Molybdän	4,15	1,5
	Cadmium	1,37	0,30
	Quecksilber	1,23	0,25
Leoben bis Bruck/Mur	Nur geringfügig erhöhte Werte, außer einer geogen bedingten Quecksilbervererzung (29,45 ppm Hg).		
Kapfenberg	Chrom	234	80
	Molybdän	30,5	1,5
Wolframhütte Bergla	Bodengehalte normal.		
Magnesitwerk Trieben	Nur geringfügig erhöhte Werte.		
Zementwerk Peggau	Nur geringfügig erhöhte Werte, außer einer mäßigen Bleibelastung (ca. 90 ppm Pb), welche vermutlich verkehrsbedingt ist.		
Zementwerk Retznei	Bodengehalte normal.		
Hartsteinbruch Preg	Nickel	137	60
Kanzelsteinbruch bei Graz	Bodengehalte normal.		

Von den untersuchten Industrieregionen ist jene um das Werk **Leoben-Donawitz** am stärksten belastet. Abhängig von der Entfernung zum Werk sind die Schwermetalle **Zink**, **Blei**, **Molybdän**, **Cadmium** und **Quecksilber** deutlich im Oberboden angereichert. Das betroffene Gebiet reicht in etwa von St. Peter-Freienstein über Leoben bis Proleb. An ei-

ner Untersuchungsstelle in Leoben-Hinterberg ist kein Einfluß aus der Eisenindustrie mehr festzustellen.

Der Umwelteinfluß der eisenverarbeitenden Industrie in **Kapfenberg** wird hauptsächlich durch die Anreicherung von **Molybdän** in den Böden der Umgebung dokumentiert. Die stärksten Molybdäneinträge in den Boden findet man etwa 2 – 3 km im Umkreis der VEW - Kapfenberg.

Eine weitere Leitsubstanz aus der Emissionspalette der Schwerindustrie ist das **wasserlösliche Fluor**. Auch hier werden im Einflußbereich der Werke Donawitz und Kapfenberg Einträge in den Boden festgestellt.

In der unmittelbaren Nähe des **Hartsteinbruches Preg** kommt es zu einer über Staubpartikel eingetragenen Anreicherung von **Nickel** im Oberboden.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass von den untersuchten landwirtschaftlichen Flächen die Region der Schwerindustrie um Leoben-Donawitz und Kapfenberg die größten Schadstoffeinträge aufweist. Die Gehalte der Schwermetalle im Boden liegen zwar meist niedriger als an den historischen Bergbaustandorten, sind aber - da anthropogen eingetragene Schadstoffe leichter mobilisierbar sind, als solche geogenen Ursprungs - trotzdem kritisch zu betrachten.

Auch dürfte der Großteil der in der Steiermark ubiquitär auftretenden Schadstoffe (Zink, Blei, Molybdän, Cadmium, Quecksilber) industriellen Ursprungs sein.

Bodenbelastungen durch den Straßenverkehr:

Um Belastungen landwirtschaftlich genutzter Flächen durch den Straßenverkehr festzustellen, wurden an der Ennstal-Bundesstraße, der Nordausfahrt von Graz und an der Packautobahn Untersuchungsstandorte eingerichtet.

An den Standorten neben der **Ennstal-Bundesstraße** war **kein nennenswerter Einfluß** durch die Straßennähe feststellbar. Die gefundenen Bodenbelastungen durch Schwermetalle erwiesen sich als hauptsächlich geogener Herkunft.

Bei der **Nordausfahrt von Graz** wurden auch nur geringfügig erhöhte Bleiwerte festgestellt, welche je nach der Abschirmung durch Baum- und Buschreihen noch weiter abnehmen. Auch die in geringen Konzentrationen gemessenen Schadstoffe Zink, Molybdän und Cadmium folgen diesem Trend.

Der Untersuchungsstandort neben der **Packautobahn** weist bei den Schwermetallen **Blei** und **Cadmium** Überschreitungen des Normalwertes auf, welche deutlich auf einen Einfluß des Verkehrs hinweisen.

Generell kann aber gesagt werden, dass der Einfluß des Straßenverkehrs auf landwirtschaftliche Flächen deutlich geringer ist, als jener der Industrie.

Bodenbelastungen an Tontaubenschießplätzen:

Die an den Schießplätzen **Gamlitz** und **Obergnas** durchgeführten Untersuchungen dokumentieren eine extreme Belastung der Böden durch **Blei** und **polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH's)**.

Die Hauptmenge des verschossenen Bleischrots findet man bei einer ebenen Anlage in einer Entfernung von etwa 120 – 140 m von der Wurfanlage. Der höchste Anteil an Wuf-taubensplittern - sie enthalten die PAH's - liegt im Bereich von 40 - 60 m.

Die maximalen gefundenen **Bleigehalte** des Bodens betragen: **1.568 ppm Pb**. Normale Bodengehalte liegen unter 30 ppm Blei.

Die maximalen gefundenen **PAH-Gehalte** des Bodens betragen: **58.000 ppb PAH-Summe**. Normale Bodengehalte weisen eine PAH-Summe unter 200 ppb auf.

Dennoch ist eine Gefährdung durch die festgestellten Belastungen von Blei und PAH's unwahrscheinlich, da die Mobilität der Schadstoffe im Boden äußerst gering ist. Dies konnte durch Wasseruntersuchungen bewiesen werden.

Zusammengefaßt kann gesagt werden, dass an Tontaubenschießplätzen kleinräumig extreme Belastungen (Blei, PAH's) bestehen, welche aber auf Grund ihrer sehr geringen Pflanzenverfügbarkeit und schlechten Wasserlöslichkeit ein relativ geringes Gefährdungspotential aufweisen.

Literatur

„Haldenkataster“ (Erhebung und Bewertung ehemaliger Bergbau- und Hüttenstandorte hinsichtlich Risiko und Folgenutzungspotentials) der Geologischen Bundesanstalt (Pilotprojekt 1994).

Vorkommen des Elementes Arsen in den Ostalpen von F. Czermak und J. Schadler (1933).

Monographie der Erzlagerstätten bei Schladming von O. M. Friedrich (1967).

Mineralschätze der Steiermark von August Aigner (1907).

Der Bergmann – Der Hüttenmann; Katalog der 4. Landesausstellung (1968).

Res montanarum – Zeitschrift des Montanhistorischen Vereins für Österreich, Leoben 10/1995.

Studie der Arbeitsgruppe Umweltgeochemie der Universität für Bodenkultur in ihrem Endbericht „Arsen in Böden Österreichs“ (1998).

Gutachten „Schwermetalle in steirischen Böden“ (1993).

„Studie über den Transfer von Schwermetallen unter besonderer Berücksichtigung von Arsen vom Boden in die Pflanzen am Beispiel ausgewählter Standorte in der Steiermark“ von Ao. Univ. Prof. Dr. Walter Kosmus (1999).

Richtlinien für sachgerechte Düngung - 4. Auflage, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft (1996).

Boden- und Vegetationsuntersuchungen Tauernautobahn, Umweltbundesamt (1989).

Wurftaubenschießen: Auswirkungen auf die Umwelt, Umweltbundesamt (1995).

Bodenzustandsinventur - Konzeption, Durchführung und Bewertung - Empfehlungen zur Vereinheitlichung der Vorgangsweise in Österreich - 2. Auflage, Blum / Spiegel / Wenzel (1996).

Steirische Bodenschutzberichte 1988 - 1998.

Die verwendeten Grafik-Clips wurden den Programmen „Clipart“, „Masterclips“ und „Click-ART“ entnommen.

Erläuterung der Abkürzungen

Cu Kupfer
Zn Zink
Pb Blei
Cr Chrom

Ni Nickel
Co Kobalt
Mo Molybdän
Cd Cadmium

Hg Quecksilber
As Arsen

PAH's, PAH Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe

Konzentrationsangaben:

ppm „part per million“, z. B.: mg/kg (Milligramm pro Kilogramm)
ppb „part per billion“, z. B.: ng/g (Nanogramm pro Gramm), oder
µg/kg (Mikrogramm pro Kilogramm)

1000 ppb = 1 ppm

Sie wollen mehr Information ?

Der zusammenfassende **Bodenschutzbericht 1998** über die Ergebnisse der Untersuchungen im 4x4 km – Raster der Steiermark und alle dazugehörigen **Untersuchungsdaten** des Bodenschutzprogrammes sind via Internet allen Interessierten zugänglich.

Die neue **Internet-Adresse** im Landes-Umwelt-Informationssystem der Steiermark (LUIS) lautet:



<http://www.stmk.gv.at/LUIS/UMWELTSCHUTZ/bodenschutz/startseite/index.htm>

IMPRESSUM

Herausgegeben von:

Landwirtschaftliches Versuchszentrum Steiermark
Direktor: Hofrat Univ. Prof. Dr. Ing. Michael KÖCK,
Burggasse 2, 8010 Graz

Redaktion, Layout und Inhalt:

Mag. Dr. Wolfgang KRAINER
Landwirtschaftliches Versuchszentrum Steiermark
(Bodenschutzabteilung)

Unter Mitarbeit von:

Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft
Institut für Bodenwirtschaft - Außenstelle Graz
(Bodenkundliche Betreuung)

MROSEK Herbert (EDV)
Landwirtschaftliches Versuchszentrum Steiermark
(Bodenschutzabteilung)