

# Das Steiermärkische landwirtschaftliche Bodenschutzprogramm

Bodenschutz-  
bericht

# 2018

## Potentielle Kontaminationsflächen in der Steiermark



**Bodendauer-  
beobachtung  
der Schadstoffe  
und  
Ausdehnung  
der belasteten  
Bereiche**

Amt der Steiermärkischen Landesregierung



Das Land  
Steiermark

A10 Land- und Forstwirtschaft, Referat Boden- und Pflanzenanalytik



# Inhaltsangabe

	Seite
Inhaltsangabe	1
<b>Zusammenfassung</b>	2
<b>Das Bodenprobenarchiv der Steiermark</b>	3
<b>Potentielle Kontaminationsflächen in der Steiermark</b>	
1. Allgemeines	4
2. Bodendauerbeobachtung der Schadstoffe	5
a.) Bodenbelastung in historischen Bergbaugebieten	5
b.) Industriestandorte in der Steiermark	24
c.) Bodenbeeinflussung durch den Straßenverkehr	32
d.) Bodenbelastung an Tontaubenschießplätzen	34
<b>Zusammenfassung der Ergebnisse der Bodendauerbeobachtung</b>	<b>36</b>
3. Örtliche Inhomogenität der Untersuchungsstandorte	38
<b>Zusatzuntersuchungen zur örtlichen Variabilität</b>	41
RAX 10	41
LIX 25	46
VFG 3	51
VFG 9	56
Projekt zur örtlichen Variabilität der Untersuchungsparameter 1997	61
<b>Zusammenfassung der Zusatzuntersuchungen zur örtl. Variabilität</b>	<b>69</b>
Ergebnisse der Bodenzustandsinventur	71
Bodenschutzberichte	72
Erläuterung der Abkürzungen und Bildnachweis	73
Impressum	74

## Zusammenfassung

### Potentielle Kontaminationsflächen in der Steiermark (Bodendauerbeobachtung der Schadstoffe und Ausdehnung der belasteten Bereiche)

Der vorliegende Bodenschutzbericht präsentiert die Ergebnisse der Bodendauerbeobachtung von Schadstoffbelastungen an den 1997 eingerichteten Standorten mit potentiellen Kontaminationen (historische Bergbaugebiete, Industriegebiete, verkehrsnahen Flächen und Tontaubenschießplätze). Darüber hinaus wurde durch Zusatzuntersuchungen versucht die Ausdehnung der belasteten Bereiche abzuschätzen.

#### Ergebnisse der Bodendauerbeobachtung (1997 – 2007 – 2017):

Das erfreuliche Ergebnis der über einen Zeitraum von 20 Jahren durchgeführten Kontrollen zeigt, dass nur an 3 von 77 Standorten statistisch relevante Änderungen in den Schwermetallgehalten (Blei, Quecksilber, Arsen) erkennbar sind. Durch weiterführende Untersuchungen zur örtlichen Variabilität der Schwermetalle konnte an diesen drei Standorten – es handelt sich um ehemalige Bergbaugebiete – gezeigt werden, dass die vermeintlichen Änderungen im Laufe der Zeit vermutlich ein Zufallsergebnis auf Grund der extremen Inhomogenität der Verteilung der Schadstoffe im Boden sind.

Somit kann an allen hier untersuchten potentiellen Kontaminationsflächen der Steiermark im Zeitraum von 20 Jahren von stabilen Bodenverhältnissen ausgegangen werden.

#### Abschätzung der Ausdehnung der belasteten Bereiche durch Untersuchung der örtlichen Variabilität der Schwermetallgehalte:

Die Art der Probenahme an den Standorten des Bodenschutzprogrammes (siehe Bodenschutzbericht 2016, Seite 10) ist auf eine Bodendauerbeobachtung ausgelegt und erfasst nur eine relativ kleine Fläche von maximal 500 m<sup>2</sup>. Aus diesem Grund wurde an den meisten hier gegenständlichen Standorten bei den Kontrollen 2017 auch eine flächenhafte Bodenprobenahme über die gesamte landwirtschaftliche Nutzfläche durchgeführt.

Der Vergleich beider Probenahme-Techniken (**punktförmig - flächenhaft**) zeigt, dass Schwermetalle (und auch andere Bodenparameter) oft sehr inhomogen im Boden verteilt sind. Diesem Befund ist bei der Interpretation von zeitlichen Vergleichen, sowie bei Untersuchungen zur Klärung der Ausdehnung und Herkunft von Schadstoffen unbedingt Rechnung zu tragen.

Im Bericht wird an den Untersuchungsstandorten im Detail angeführt, bei welchen Schwermetallen im Rahmen der Bodenzustandsinventur die Maximalbelastung erfasst wurde und wo in der umgebenden Fläche noch stärkere Belastungen zu erwarten sind.

## Das Bodenprobenarchiv der Steiermark

Im derzeitigen Referat Boden- und Pflanzenanalytik der A 10 Land- und Forstwirtschaft des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung in der Ragnitzstrasse 193 - Graz, befindet sich das Archiv aller im Rahmen des Steiermärkischen landwirtschaftlichen Bodenschutzprogrammes gezogenen Boden- und Pflanzenproben.

Die Herkunft der Proben ist durch Lagebeschreibungen, Skizzen, Fotos, GPS-Koordinaten und Vermarkung in der Natur gesichert.

Die Bodenproben dieses Archivs sind die Basis dieser und aller zukünftigen Untersuchungen zur Bodendauerbeobachtung und zu umweltrelevanten Fragestellungen, wenn vergleichende Daten zu bereits gemessenen oder noch nicht erhobenen Parametern relevant werden (man erinnere sich nur an die Reaktorkatastrophe von Tschernobyl 1986, wo leider keine unbelasteten Vergleichsproben der Vorjahre vorhanden waren).

Egal, ob heute, in einigen Jahren, oder einigen Jahrhunderten, sorgfältig archivierte Bodenproben werden mit zunehmendem Alter immer wertvoller!



### **Bewahren und Erweitern**

Es ist eine wichtige Aufgabe dieser und der kommenden Generationen, die Bodenproben dieses Archivs zu bewahren und zu erweitern, damit der Schutz unserer Lebensgrundlage Boden durch kontrollierende Maßnahmen weiterhin gewährleistet werden kann.

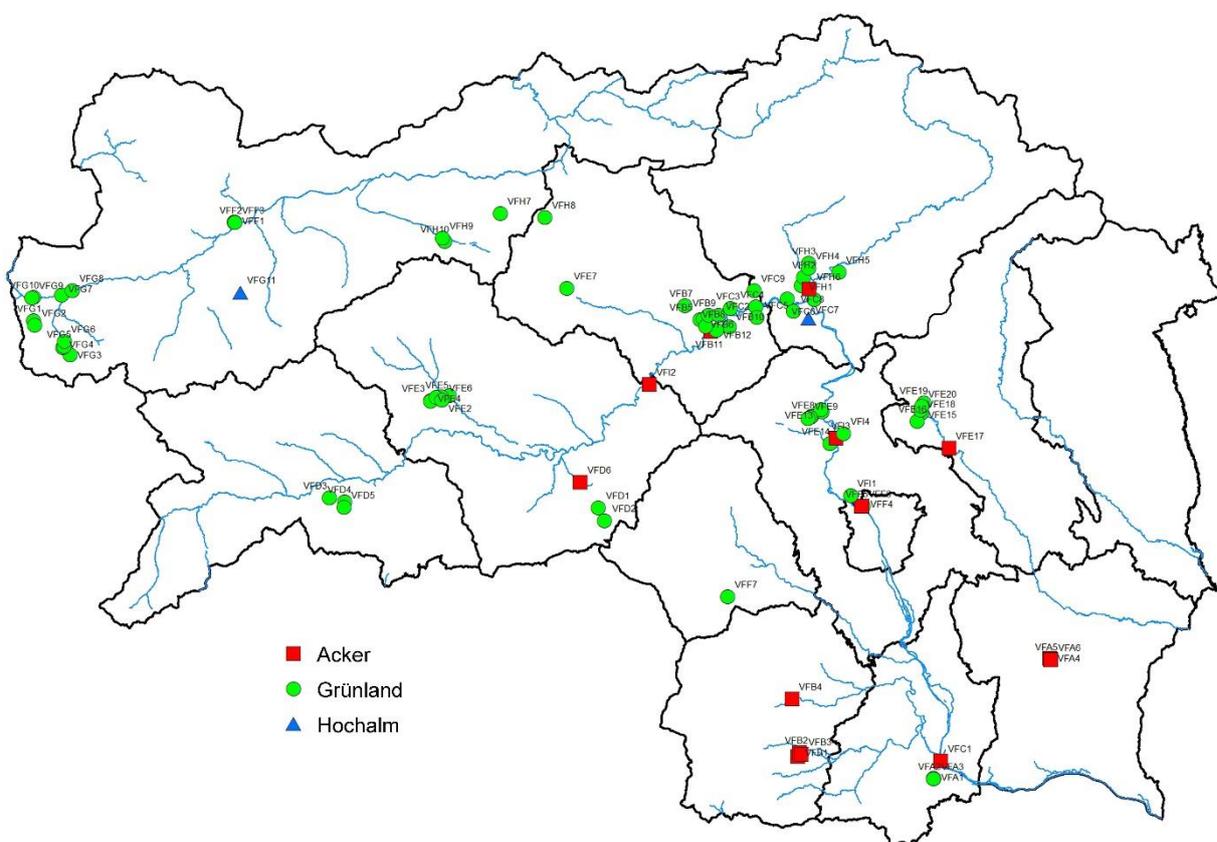
# Potentielle Kontaminationsflächen in der Steiermark

## 1. Allgemeines

1997 wurden in der Steiermark 87 Standorte in landwirtschaftlich genutzten Flächen ausgewählt, an denen der Verdacht auf Bodenbelastungen bestand. Folgende Themenkreise wurden dabei berücksichtigt:

- Bodenbelastung in historischen Bergbaugebieten
- Industriestandorte in der Steiermark
- Bodenbeeinflussung durch den Straßenverkehr
- Bodenbelastung an Tontaubenschießplätzen

Lage der Untersuchungsstandorte:



Die Untersuchung dieser *potentiellen Kontaminationsflächen* erfolgte entsprechend der Vorgaben des Steiermärkischen landwirtschaftlichen Bodenschutzgesetzes und der Bodenschutzprogrammverordnung. Die Ergebnisse der damals durchgeführten Analysen wurden im Bodenschutzbericht 1999 dem Landtag zur Kenntnis gebracht und veröffentlicht.

Um etwaige Veränderungen in den Schadstoffgehalten erkennen zu können, wurden im Zuge der Bodendauerbeobachtung die Standorte in Zehnjahresabständen, also 2007 und 2017 erneut kontrolliert.

## 2. Bodendauerbeobachtung der Schadstoffe

Von den 87 im Jahr 1997 errichteten Standorten konnten 77 für eine Bodendauerbeobachtung genutzt werden. Zehn Standorte mussten im Laufe der Jahre aufgelassen werden (VFA 2, VFA 3, VFC 2, VFC 4, VFE 9, VFE 12, VFF 4, VFH 2, VFI 2, VFI 3).

Die Auswertung und Interpretation der Untersuchungsergebnisse der Probenahmejahre 1997 – 2007 – 2017 erfolgte nach dem im Bodenschutzbericht 2017 vorgestellten Konzept, wobei das Augenmerk auf Bodenbelastungen durch Schwermetalle und – falls relevant – auch auf organische Schadstoffe gelegt wurde. Die übrigen untersuchten allgemeinen Bodenparameter und Nährstoffe werden in kommenden Bodenschutzberichten zusammen mit den restlichen Untersuchungsstandorten eines Bezirkes bzw. einer Region behandelt werden.

### a.) Bodenbelastung in historischen Bergbaugebieten

*„Österreich ist reich an armen Lagerstätten.“*

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 1993.

Als Untersuchungsstandort 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:

- Arzberg-Haufenreith, Arzwaldgraben, Rabenstein und Deutschfeistritz (Pb, Zn)
- St. Blasen - Karchau, Kothgraben und Straßegg (As)
- Raum Schladming (div. Schwermetalle)
- Walchen bei Öblarn (Cu)
- Johnsbach und Radmer an der Hasel (Cu)
- Kalwang (Cu, Fe)
- Oberzeiring (Ag, Cu, Fe)
- Frauenthal (Cu, Zn)

Bodenbelastungen durch Schwermetalle in historischen Bergbaugebieten haben im Herbst 2018 nach Untersuchungen zum Verdachtsflächen-Kataster in Schrems bei Frohnleiten (Pb) für großes mediales Aufsehen gesorgt.

Auch der Bodenschutzbericht 1999 hat sich bereits ausführlich mit dieser Problematik beschäftigt. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Bodendauerbeobachtung (20 Jahre) der Untersuchungsstandorte besprochen.

## Die Blei-Zink-Vererzungen im Grazer Bergland

Bei den Lagerstätten Arzberg-Haufenreith, Arzwaldgraben und Rabenstein handelt es sich um Blei-Zink-Vererzungen, wie sie im Grazer Paläozoikum häufig vorkommen. In Deutschfeistritz befand sich eine Schmelzhütte zur Gewinnung von Blei und Silber.

### Arzberg-Haufenreith

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 Bergbaugebiet 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.



Schautafel bei Haufenreith

## Arzwaldgraben

Das Bergbauggebiet 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).
- VFE 10:** Weide auf ca. 750 m Seehöhe.
- VFE 11:** Ca. 30 m neben Standort VFE 10, aber mitten auf einer begrünten Halde.

## 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**).

## 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.

## Ergebnisse:

Die Standorte VFE 9 + 12 sind im Laufe der Jahre ausgefallen und stehen nicht mehr für eine Bodendauerbeobachtung zur Verfügung.

Zur Beurteilung der Höhe der Schwermetallgehalte werden die aus der steiermärkischen Bodenzustandsinventur ermittelten **Normalwerte** herangezogen. Sie stellen die Obergrenze der noch als normal anzusehenden Gehalte dar. Eine Überschreitung ist ein Hinweis auf eine geogene Abnormität und/oder einen anthropogenen Einfluss. Eine Gefährdung von Mensch, Tier oder Pflanze ist aus Normalwert-Überschreitungen nicht ableitbar!

An den Standorten des Untersuchungsgebietes wurden folgende **Normalwert-Überschreitungen** festgestellt:

Standort	Normalwert-Überschreitungen
VFE 8	Zn, Pb, Co, Cd
VFE 10	Cu, Zn, Pb, Ni, Co, Cd, Hg, As
VFE 11	Cu, Zn, Pb, Mo, Cd, Hg, As
VFE 13	Zn, Pb, Co, Cd, Hg
VFE 14	Zn, Pb, Cd, Hg
VFE 15	Zn, Pb, Cd, Hg
VFE 16	Zn, Pb, Cr, Co, Cd
VFE 17	Pb
VFE 18	Zn, Pb, Cd, Hg
VFE 19	Zn, Pb, Co, Cd
VFE 20	Zn, Pb, Cd, Hg

Die große Anzahl an Normalwert-Überschreitungen zeugt vom Erzreichtum der Untersuchungsgebiete und ist auf die geogene Grundbelastung und die ehemaligen Bergbautätigkeiten zurückzuführen.



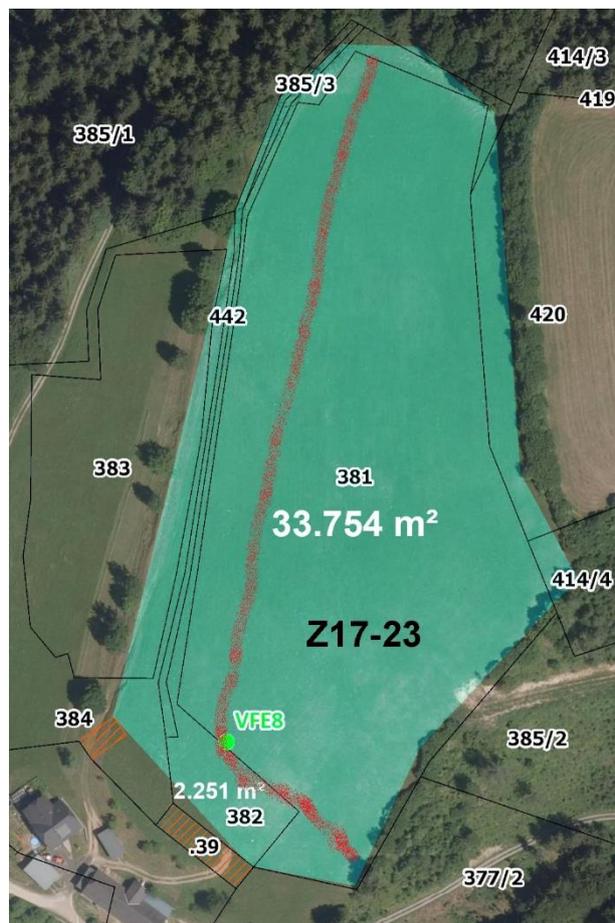
Ruine der Erzaufbereitungsanlage  
Haufenreith.

Die **Bodendauerbeobachtung** 1997 – 2017 zeigt **keine Veränderung** der Schwermetallgehalte.

Örtliche Inhomogenität der Untersuchungsstandorte: Details Seite 38 ff.

Die Schwermetallgehalte am Untersuchungsstandort **VFE 8**:

mg/kg	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mo	Cd	Hg	As
<b>VFE 8 (2017)</b>	43,7	153,3	176,9	12,2	24,7	35,4	0,60	0,75	0,30	4,6
<b>Z17-23 (Fläche)</b>	45,0	257,8	451,0	40,8	47,3	35,4	0,66	1,13	0,40	8,1
<b>Normalwerte</b>	60	160	50	80	70	30	1,6	0,5	0,3	40



Der Vergleich einer flächenhaften Beprobung (**Z17-23**) mit den Ergebnissen des Bodenschutzprogrammes 2017 zeigt, dass am Standort **VFE 8** (Arzwaldgraben, Weide auf ca. 680 m Seehöhe) nicht die am höchsten belastete Stelle der landwirtschaftlichen Nutzfläche beprobt wurde, sondern dass es innerhalb der Fläche noch höher belastete Stellen geben muss. Die in der obigen Tabelle rot gefärbten Schwermetallgehalte weisen bei der flächenhaften Beprobung statistisch abgesicherte höhere Werte als bei der punktförmig durchgeführten Untersuchung auf.

rot ... Probenahmelinie der flächenhaften Beprobung 2017.

Bei den übrigen Untersuchungsstandorten ist die Homogenität der Flächen überwiegend gewährleistet. Die Ausdehnung der Bodenbelastungen in der untersuchten landwirtschaftlichen Nutzfläche wird durch die punktförmige Untersuchung am Bodenschutzstandort gut repräsentiert. Inwieweit angrenzende Grundstücke von Belastungen betroffen sind, kann nur durch zusätzliche Untersuchungen abgeklärt werden. Derartige Untersuchungen von Bodenbelastungen in der Steiermark sind Thema des Bodenschutzberichtes 2019.

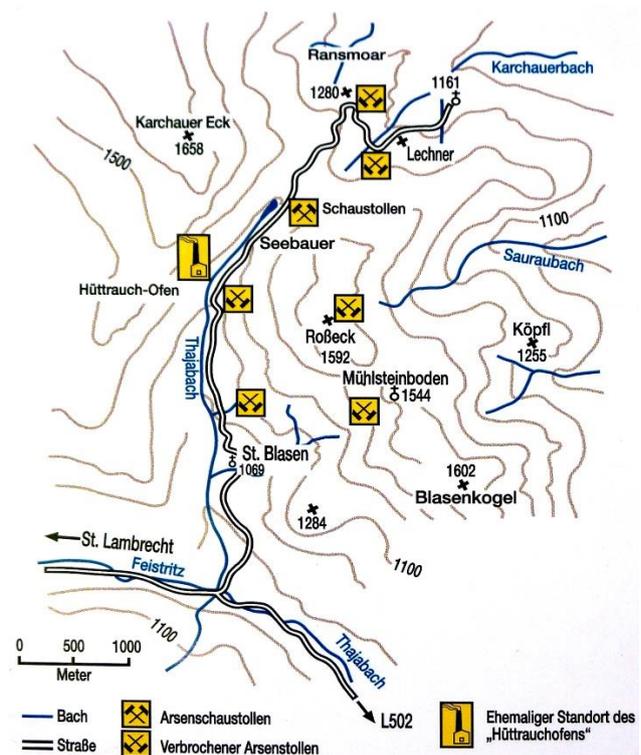
## Historische Arsen-Bergbaue in der Steiermark

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.

### St. Blasen – Karchau:

Das Bergbauggebiet befindet sich an den Hängen des Roßecks (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**.



Schautafeln beim Arsenikstollen bei St. Blasen.

## 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.

## Straßegg

Das alte Arsenbergbaugebiet 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 Bergbautätigkeit. Das Gebiet ist heute fast ausschließlich forstwirtschaftlich genutzt. Die Einrichtung des Untersuchungsstandortes **VFD 7** erfolgte in einer an den Haldenbereich angrenzenden landwirtschaftlichen Nutzfläche.

Ergebnisse:

An den Standorten des Untersuchungsgebietes wurden folgende **Normalwert-Überschreitungen** festgestellt:

Standort	Normalwert-Überschreitungen
VFD 1	As
VFD 2	Cu, Pb, Hg, As
VFD 3	Cu, Zn, Pb, Ni, Mo, Cd, As
VFD 4	Cu, Zn, Pb, Ni, Mo, Cd, As
VFD 5	Pb, Mo, Cd, As
VFD 6	-
VFD 7	Cu, Pb, Cr, Ni, Co, As

Die große Anzahl an Normalwert-Überschreitungen zeugt vom Erzreichtum der Untersuchungsgebiete und ist auf die geogene Grundbelastung und die ehemaligen Bergbautätigkeiten zurückzuführen.

Am Ackerstandort **VFD 6** gibt es keine Schwermetallbelastungen, aber der Gehalt an **PAH's** ist wegen der historischen Köhlerei stark erhöht.

Die **Bodendauerbeobachtung** 1997 – 2017 ergibt am Grünlandstandort **VFD 7** am Straßegg eine **Abnahme der Arsengehalte**, welche aber vermutlich ein Zufallsbefund aufgrund der hohen lokalen Bodeninhomogenität ist. Alle übrigen Standorte zeigen **keine Veränderungen** der Schwermetallgehalte.

Örtliche Inhomogenität der Untersuchungsstandorte: Details Seite 38 ff.

Der Vergleich zwischen flächenhaften Beprobungen und jenen innerhalb des Probenahmekreises von 20 m Durchmesser bei den Untersuchungen des Bodenschutzprogrammes (BSP) zeigt eine sehr unterschiedliche Verteilung der Schwermetalle. Die örtliche Variabilität der Schwermetalle ist an allen Standorten der Untersuchungsgebiete groß.

Zum Beispiel der Grünlandstandort **VFD 3** bei Karchau: Oberboden 2017

mg/kg	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mo	Cd	Hg	As
<b>BSP</b>	81,3	362,2	920,9	26,7	65,9	22,9	2,48	1,90	0,13	495,0
<b>Fläche</b>	51,8	141,1	277,9	38,9	64,5	22,4	2,42	0,71	0,13	295,5
<b>Normalwerte</b>	60	160	50	80	70	30	1,6	0,5	0,3	40

Die Schwermetallgehalte von Cu, Zn, Pb, Cd und As sind bei der flächenhaften Beprobung niedriger, das heißt das am Bodenschutzstandort Maximalbelastungen gemessen wurden. Beim Cr hingegen ist irgendwo in der landwirtschaftlichen Nutzfläche eine noch höher belastete Stelle vorhanden. Die Elemente Ni, Co, Mo und Hg sind recht homogen verteilt.

## Das historische Bergbaugebiet 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:** Preuneggtal  
**VFG 2:** Preuneggtal – ca. 1 km talaufwärts von VFG 1.
- VFG 3:** Eschachalm – Boden aus Schwemmmaterial aus dem Bergbaugebiet 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 Waschwerkes 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.



Historischer Erzschurf am Kraibling südöstlich der Planai.

### Das Preuneggatal

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

### Das Schladminger Obertal

Das Hauptbergbaugebiet der Region Schladming liegt im Einzugsbereich des Obertalbaches 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.

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

Der Standort **VFG 5**, welcher sich auf einer wiederbegrünten – zu Futterzwecken und als Weide genutzten – alten Aufbereitungshalde des ehemaligen Poch- und Waschwerkes Hopfriesen befindet, liegt knapp 300 m nordöstlich von VFG 4.

Der Standort **VFG 6** befindet sich weiter talauswärts und besteht aus feinem Schwemmmaterial, welches vom Obertalbach abgelagert wurde.

### Schladming

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.

### Pichl an der Enns

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 begrünte 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.

Ergebnisse:

An den Standorten des Untersuchungsgebietes wurden folgende **Normalwert-Überschreitungen** festgestellt:

Standort	Normalwert-Überschreitungen
VFG 1	Mo, Hg
VFG 2	Mo, Pb
VFG 3	Cu, Zn, Pb, As
VFG 4	Pb, As
VFG 5	Zn, Pb, Mo, As
VFG 6	Cu, Zn, Pb, Mo, Cd, Hg, As
VFG 7	Pb
VFG 8	Pb, Hg
VFG 9*	Cu, Zn, Pb, Cd, Hg, As
VFG 10	Pb

\* Der Standort **VFG 9** bei Pichl an der Enns wurde ~1999 verändert, indem das ursprüngliche Schlackenmaterial des Grünlandes mit Humus von der nahen Reiteralm-Piste überdeckt wurde. Dadurch findet man 2007 im Oberboden keine erhöhten Schwermetallgehalte mehr.

Die Anzahl der Normalwert-Überschreitungen an den einzelnen Untersuchungsstandorten variiert. Die erhöhten Schwermetallgehalte sind auf die geogene Grundbelastung und die ehemaligen Bergbautätigkeiten zurückzuführen.

Die **Bodendauerbeobachtung** 1997 – 2017 ergibt am Grünlandstandort **VFG 3** eine **Abnahme der Bleigehalte** und eine **Zunahme der Arsengehalte**, welche aber vermutlich ein Zufallsbefund aufgrund der hohen lokalen Bodeninhomogenität ist.

Die **Abnahmen der Hg- und As-Gehalte** am Standort **VFG 9** sind durch die Veränderung des Standortes erklärbar.

Alle übrigen Standorte zeigen **keine Veränderungen** der Schwermetallgehalte.

Örtliche Inhomogenität der Untersuchungsstandorte: Details Seite 38 ff.

Beim Vergleich zwischen flächenhaften Beprobungen und jenen des Bodenschutzprogrammes sind die Standorte **VFG 1, 2, 5** und **10** bei der Flächenbeprobung für einige Schwermetalle stärker belastet, was bedeutet, dass irgendwo in der betreffenden Fläche höhere Schwermetallgehalte auftreten als am Bodenschutzstandort.

Umgekehrt ist die Situation an den beiden Standorten **VFG 6** (Cu, Pb, Cr, Ni) und **VFG 3** (As), wo die höchsten Schwermetallgehalte innerhalb des Probenahmekreises am Bodenschutzpunkt anzutreffen sind.

Am Standort **VFG 9** sind 2017 die Schwermetallgehalte von Pb, Cd und Hg außerhalb des Bodenschutzstandortes höher, jene des Co haben ihr Maximum am Standort selbst. Die Schwermetallverteilung in den Böden der Standorte **VFG 4, 7** und **8** ist einigermaßen homogen.

## 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 Ramertalalm, wo der Untersuchungsstandort **VFG 11** eingerichtet wurde.



Verhüttungsanlage in der Walchen bei Öblarn (2017).

### Ergebnisse:

Am Standort **VFG 11** wurden die **Normalwerte** von Pb und As überschritten.

Ergebnisse der Bodenzustandsinventur 1997/1998: in mg/kg

VFG 11	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mo	Cd	Hg	As
0-5 cm	14,0	68,9	166,3	34,4	26,7	10,4	1,04	0,35	0,26	92,4
5-20 cm	21,8	74,0	81,0	34,7	29,9	13,9	1,10	0,11	0,11	94,8
20-50 cm	24,8	76,0	28,3	32,9	31,2	18,6	1,14	0,08	0,09	88,4
<b>Normalwerte</b>	<b>60</b>	<b>160</b>	<b>50</b>	<b>80</b>	<b>70</b>	<b>30</b>	<b>1,6</b>	<b>0,5</b>	<b>0,3</b>	<b>40</b>

Man erkennt deutlich, dass beim Arsen die Schwermetallgehalte über alle untersuchten Horizonte annähernd gleichmäßig verteilt sind (geogene Herkunft). Beim Blei hingegen ist eine signifikante Anreicherung im Oberboden gegeben, was auf einen beträchtlichen anthropogenen Beitrag hindeutet.

Die **Bodendauerbeobachtung** 1997 – 2017 zeigt **keine Veränderung** der Schwermetallgehalte.

Örtliche Inhomogenität der Untersuchungsstandorte: Details Seite 38 ff.

Um die Verteilung der Schwermetalle in der Almfläche beurteilen zu können, wurde 2017 zusätzlich zur 20-Jahreskontrolle am Untersuchungsstandort **VFG 11** auch eine flächenhafte Probenahme durchgeführt (**Z17-58**).

mg/kg	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mo	Cd	Hg	As
<b>VFG 11 (2017)</b>	17,2	70,6	197,6	31,7	25,8	9,5	0,84	0,38	0,24	91,9
<b>Z17-58 (Fläche)</b>	15,0	72,3	115,6	24,5	21,7	10,2	0,89	0,62	0,18	81,6
<b>Normalwerte</b>	<b>60</b>	<b>160</b>	<b>50</b>	<b>80</b>	<b>70</b>	<b>30</b>	<b>1,6</b>	<b>0,5</b>	<b>0,3</b>	<b>40</b>

Der Bleigehalt der flächenhaften Beprobung ist deutlich kleiner als jener am Bodenschutzstandort, was darauf hinweist, dass dort ein Maximum der Belastung erfasst wurde (beim Cd ist es umgekehrt - die Gehalte sind aber auf deutlich niedrigerem Niveau).



blau ... Probenahmelinie der flächenhaften Untersuchung.

## 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.

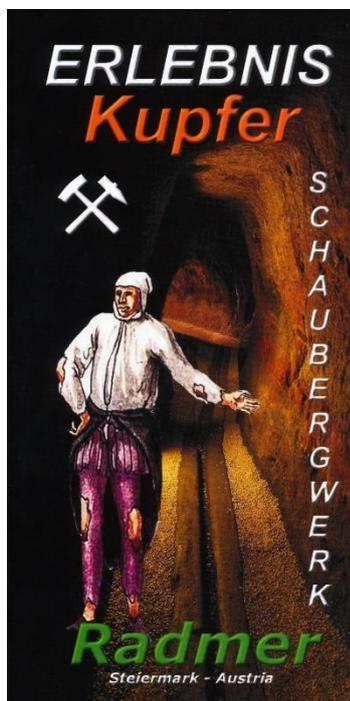
Bemerkenswert ist, dass man hier die Spuren des frühesten Kupferbergbaues der Alpen findet, welcher auf die spätbronzezeitlichen Illyrer zurückgeht.

### Johnsbach

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

### Radmer an der Hasel

Der Standort **VFH 8** befindet sich im hinteren Radmertal, 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. In einem Schaubergwerk kann man einen Einblick in die harte Arbeit des historischen Bergbaus gewinnen.



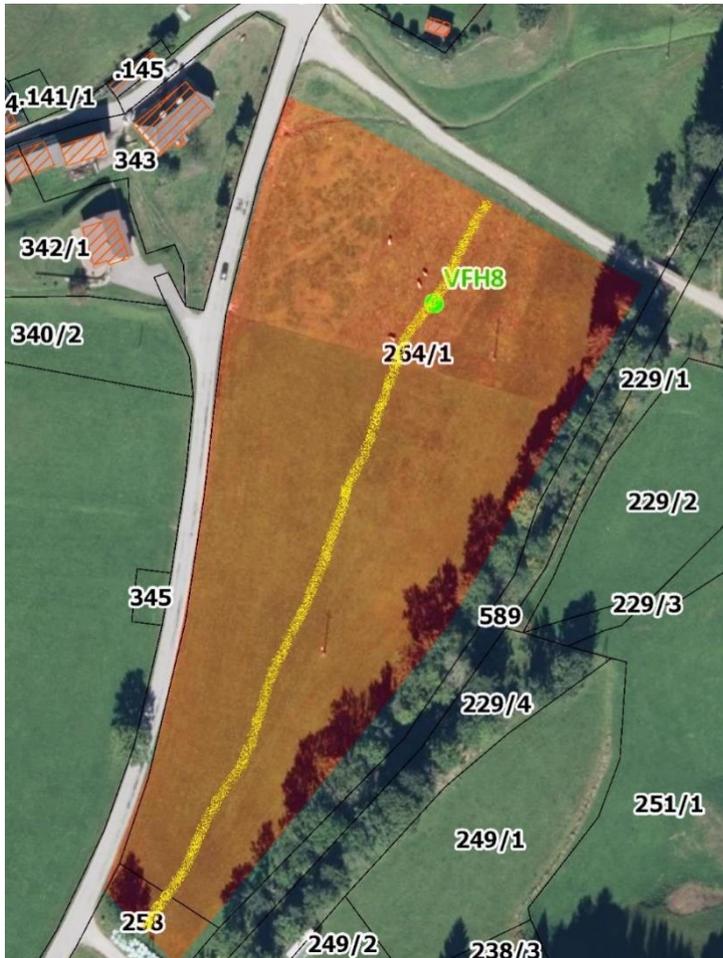
Ergebnisse:

An den Standorten des Untersuchungsgebietes wurden folgende **Normalwert-Überschreitungen** festgestellt:

Standort	Normalwert-Überschreitungen
VFH 7	Cu, Hg
VFH 8	Cu, Hg, As

Die As-Überschreitung am Standort VFH 8 wurde nur im Bodenhorizont 5-20 cm festgestellt und ist vermutlich auf eine unbedeutende lokale Vererzung zurückzuführen.

Die Cu- und Hg-Belastungen der beiden Standorte sind in den untersuchten Bodenhorizonten nach unten hin ansteigend bzw. gleichverteilt und deuten somit auf einen rein geogenen Ursprung hin.

Örtliche Inhomogenität am Standort VFH 8: Details Seite 38 ff.

Bei den Elementen Cu, Mo, Cd und Hg findet man bei der flächenhaften Untersuchung höhere Gehalte, was auf die Existenz eines noch stärker belasteten Bereiches in der landwirtschaftlichen Nutzfläche hinweist als im unmittelbaren Bereich von VFH 8.

gelb ... flächenhafte Untersuchung.

Die **Bodendauerbeobachtung** 1997 – 2017 zeigt **keine Veränderung** der Schwermetallgehalte.

## 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 wiederaufzunehmen, 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.

### Ergebnisse:

Am Standort **VFE 7** findet man nur geringfügige Überschreitungen der **Normalwerte** von Kupfer (ca. 70 mg/kg).

Die **Bodendauerbeobachtung** 1997 – 2017 zeigt **keine Veränderung** der Schwermetallgehalte.

## Oberzeiring

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.

**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.

Ergebnisse:

An den Standorten des Untersuchungsgebietes wurden folgende **Normalwert-Überschreitungen** festgestellt:

<b>Standort</b>	<b>Normalwert-Überschreitungen</b>
<b>VFE 1</b>	Pb, Cd, Hg
<b>VFE 2</b>	Zn, Pb, Cd, Hg
<b>VFE 3</b>	Cu, Zn, Pb, Mo, Cd, Hg, As
<b>VFE 4</b>	Pb
<b>VFE 5</b>	Cu, Zn, Ni, Mo, Cd, As
<b>VFE 6</b>	Cu, Zn, Pb, Mo, Cd, Hg, As

Die Anzahl der Normalwert-Überschreitungen an den einzelnen Untersuchungsstandorten variiert. Die erhöhten Schwermetallgehalte sind auf die geogene Grundbelastung und die ehemaligen Bergbautätigkeiten zurückzuführen.

Die **Bodendauerbeobachtung** 1997 – 2017 zeigt **keine Veränderung** der Schwermetallgehalte.

Örtliche Inhomogenität der Untersuchungsstandorte: Details Seite 38 ff.

Beim Vergleich zwischen flächenhaften Beprobungen und jenen des Bodenschutzprogrammes sind die Standorte der Bodenzustandsinventur meist im Bereich der Maximalbelastung gelegen. Nur an den Standorten **VFE 3** und **4** sind einige Schwermetalle unterrepräsentiert. Die Fläche rund um den Bodenschutzstandort **VFE 1** weist eine homogene Schwermetallbelastung auf.

## Frauenthal

Der in Frauenthal bei Deutschlandsberg untersuchte Standort **VFB 4** behandelt nicht die Rückstandssituation in einem ehemaligen Bergbaugebiet, sondern wurde in Nähe einer aufgelassenen metallverarbeitenden Fabrik eingerichtet und leitet so in die nächste Thematik „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.

### Ergebnisse:

Am Ackerstandort **VFB 4** werden die **Normalwerte** von Cu und Zn leicht überschritten.

Ergebnisse der Bodenzustandsinventur 1997/1998: in mg/kg

VFB 4	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mo	Cd	Hg	As
<b>0-20 cm</b>	72,7	285,9	32,6	51,7	34,0	14,3	1,15	0,31	0,19	6,8
<b>20-50 cm</b>	51,2	189,8	20,3	53,5	42,5	15,2	1,08	0,15	0,11	7,0
<b>50-70 cm</b>	41,7	99,8	16,6	58,8	50,0	17,9	1,00	0,07	0,05	5,8
<b>Normalwerte</b>	<b>60</b>	<b>160</b>	<b>50</b>	<b>80</b>	<b>70</b>	<b>30</b>	<b>1,6</b>	<b>0,5</b>	<b>0,3</b>	<b>40</b>

Die Schwermetallgehalte (außer Cr, Ni, Co) des Standortes **VFB 4** befinden sich nach der Profilanalyse überwiegend im Oberboden und sind daher offensichtlich zum Teil anthropogener Herkunft.

Dabei können die im Oberboden angereicherten Gehalte von Pb, Cd und Hg der ubiquitären Umweltbelastung zugerechnet werden, die Bodenbelastung durch Kupfer und Zink jedoch lässt auf einen geringfügigen Schadstoffeintrag aus der ehemaligen Messinghütte schließen.

Die **Bodendauerbeobachtung** 1997 – 2017 zeigt **keine Veränderung** der Schwermetallgehalte.

Örtliche Inhomogenität der Untersuchungsstandorte: Details Seite 38 ff.

Eine flächenhafte Beprobung der Ackerfläche (**Z17-9**) weist im Vergleich zu den Gehalten am Standort VFB 4 bei den Elementen Zn, Pb und Cd statistisch gesicherte höhere Gehalte auf und deutet auf höhere Belastungen außerhalb der Probenahmestelle des Bodenschutzstandortes hin.

mg/kg	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mo	Cd	Hg	As
<b>VFB 4 (2017)</b>	54,6	143,0	20,3	28,8	25,3	12,4	0,54	0,22	0,12	4,7
<b>Z17-9 (Fläche)</b>	70,9	247,2	31,6	35,7	27,1	14,0	0,63	0,35	0,21	5,3
<b>Normalwerte</b>	<b>60</b>	<b>160</b>	<b>50</b>	<b>80</b>	<b>70</b>	<b>30</b>	<b>1,6</b>	<b>0,5</b>	<b>0,3</b>	<b>40</b>

## b.) 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.

Folgende Gebiete wurden untersucht:

- Eisenverarbeitende Industrie in der Obersteiermark
- Wolframhütte Bergla
- Magnesitwerk Trieben
- Zementwerk Peggau
- Zementwerk Retznei
- 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.

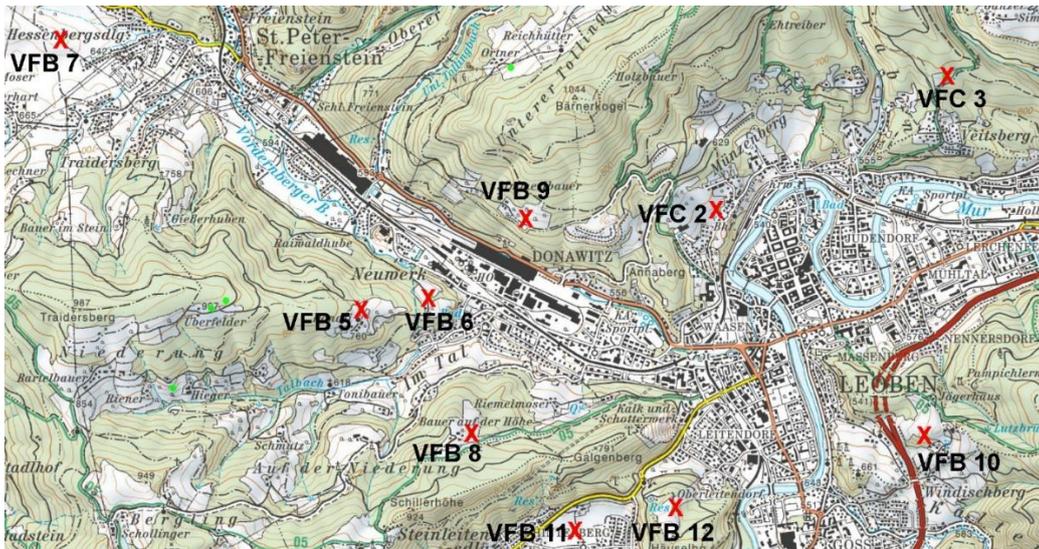
Es wurden 1997 in folgenden drei Bereichen 23 Standorte eingerichtet:

**VFB 5-12, VFC 2+3:** Donawitz - Leoben

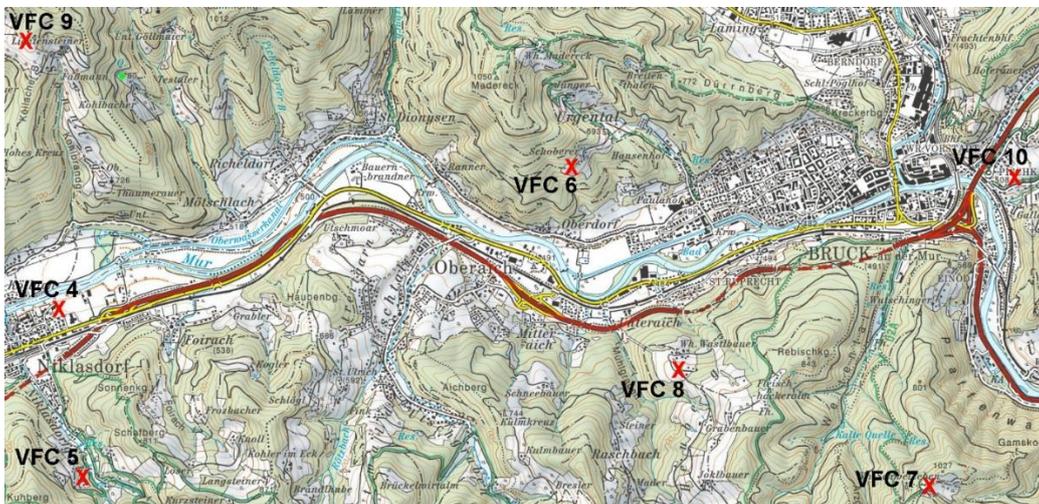
**VFC 4-10:** Niklasdorf - Bruck/Mur

**VFH 1-6:** Kapfenberg

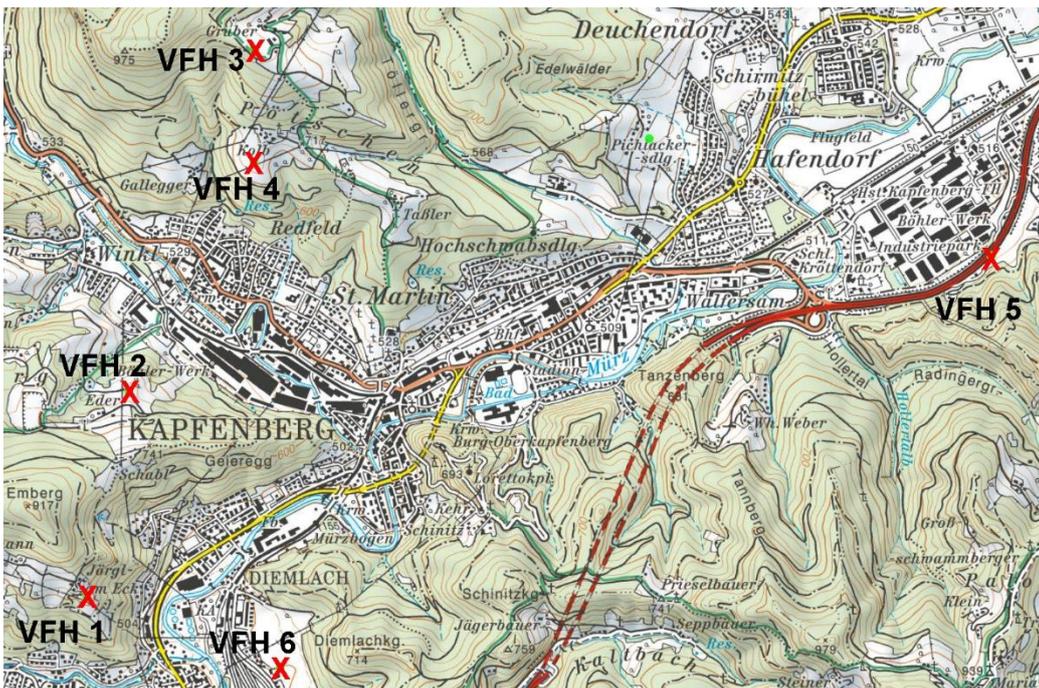
Die Standorte VFC 2+4 und VFH 2 sind im Laufe der Jahre ausgefallen und stehen für eine Bodendauerbeobachtung nicht mehr zur Verfügung. Durch den Grünlandstandort VFH 2 wurde eine Gasleitung verlegt, sodass eine flächenhafte Beprobung der übrigen landwirtschaftlichen Nutzfläche trotzdem möglich war.



Die Standorte im Bereich Donawitz – Leoben.



Die Standorte im Bereich Niklasdorf - Bruck/Mur.



Die Standorte im Bereich Kapfenberg.

Ergebnisse:

An den Standorten des Untersuchungsgebietes wurden folgende **Normalwert-Überschreitungen** festgestellt:

<b>Standort</b>	<b>Normalwert-Überschreitungen</b>
<b>VFB 5</b>	Zn, Pb, Mo, Cd, Hg
<b>VFB 6</b>	Zn, Pb, Mo, Cd, Hg
<b>VFB 7</b>	Hg
<b>VFB 8</b>	Zn, Pb, Mo, Cd, Hg
<b>VFB 9</b>	Cu, Zn, Pb, Cr, Ni, Co, Mo, Cd, Hg
<b>VFB 10</b>	Cu, Zn, Cr, Co, Hg
<b>VFB 11</b>	-
<b>VFB 12</b>	Hg
<b>VFC 3</b>	Hg
<b>VFC 5</b>	Mo, Hg
<b>VFC 6</b>	Zn, Cr, Ni, Co, Mo, Hg
<b>VFC 7</b>	Zn, Cd, Hg
<b>VFC 8</b>	Cu, Cr, Mo, Cd, Hg
<b>VFC 9</b>	Cr, Co, Hg
<b>VFC 10</b>	Mo
<b>VFH 1</b>	Pb, Mo, Cd
<b>VFH 2</b>	Zn, Pb, Cr, Ni, Mo, Cd, As
<b>VFH 3</b>	Mo, As
<b>VFH 4</b>	Mo, As
<b>VFH 5</b>	Zn, Mo
<b>VFH 6</b>	Mo

Normalwertüberschreitungen von Schwermetallen ergeben sich entweder aus einem erhöhten geogenen Background oder anthropogenen Einträgen, oft aus einem Mix von beidem.

Zur Unterscheidung wird üblicherweise die Gehaltsverteilung in den unterschiedlichen Bodentiefen herangezogen, wobei die Anreicherung eines Schwermetalls im Oberboden auf einen anthropogenen Eintrag hinweist, währenddessen eine nach unten hin ansteigende oder gleichmäßige Verteilung im Bodenprofil, eine geogene Herkunft belegt. Eine derartige Profilanalyse kann unabhängig vom Ausmaß der Schwermetallbelastung, also auch bei Gehalten unterhalb des Normalwertes, durchgeführt werden.

Anthropogene Bodenbelastungen aus industriellen Immissionen weisen meist ein typisches Belastungsmuster von bestimmten Schwermetallen auf. Im hier gegenständlichen Untersuchungsgebiet sind es Zn, Pb, Mo, Cd und Hg.

Profilanalysen in den drei Untersuchungsbereichen: Mittelwerte in mg/kg

**Bereich Donawitz – Leoben**

Hor.	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mo	Cd	Hg	As
1	33,3	175,7	50,6	57,0	38,5	16,4	1,96	0,58	0,60	18,5
2	30,7	108,2	29,6	53,6	39,8	16,8	1,11	0,25	0,35	18,1
3	33,0	78,6	15,2	61,6	42,9	18,6	0,73	0,11	0,11	16,6

**Bereich Niklasdorf - Bruck/Mur**

Hor.	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mo	Cd	Hg*	As
1	37,4	137,0	29,8	70,7	43,1	20,9	1,40	0,36	0,24	15,5
2	38,4	119,4	19,8	73,5	43,8	21,2	1,03	0,22	0,18	16,6
3	39,8	103,7	12,0	74,0	46,4	22,9	0,78	0,15	0,11	18,2

\* ... Beim Hg mussten die Standorte VFC 6+9 von der Mittelwertberechnung ausgenommen werden, da die anthropogenen Einträge von einer Hg-Vererzung zu stark überlagert werden.

**Bereich Kapfenberg**

Hor.	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mo	Cd	Hg	As
1	29,8	125,3	38,4	88,6	42,7	15,2	7,49	0,44	0,15	29,6
2	25,9	93,7	25,2	57,5	31,0	14,1	2,32	0,25	0,13	33,1
3	28,9	91,5	14,8	68,2	35,2	17,0	1,26	0,16	0,08	61,8

Die Höhe der industriellen Einträge ist im Bereich Donawitz – Leoben vergleichsweise am höchsten, mit Ausnahme von Molybdän, was eine typische Leitsubstanz der Immissionen im Bereich des Böhler-Werkes Kapfenberg darstellt.

Die **Bodendauerbeobachtung** 1997 – 2017 zeigt **keine Veränderung** der Schwermetallgehalte.

Örtliche Inhomogenität der Untersuchungsstandorte: Details Seite 38 ff.

Beim Vergleich einer flächenhaften Bodenprobenahme mit der herkömmlichen Untersuchung am Bodenschutzstandort ergeben sich je nach Schwermetall und Standort sehr unterschiedliche Ergebnisse, was die schon mehrfach festgestellte hohe Variabilität der Elementverteilung im Boden belegt. Nur an den Standorten VFB 8, 9 + 11 und VFH 3 kann von einer homogenen Bodenbeschaffenheit ausgegangen werden.

## 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.

Es wurden in ca. 500 m Entfernung zum Werk drei Untersuchungsstellen eingerichtet. Alle drei Standorte werden landwirtschaftlich als Ackerflächen 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

### Ergebnisse:

An den Standorten des Untersuchungsgebietes wurden **keine Normalwert-Überschreitungen** festgestellt.

Die **Bodendauerbeobachtung** 1997 – 2017 zeigt **keine Veränderung** der Schwermetallgehalte.

Örtliche Inhomogenität der Untersuchungsstandorte: Details Seite 38 ff.

Entsprechend der niedrigen Schwermetallgehalte sind auch die Unterschiede zwischen der Bodenbelastung an den Standorten und der gesamten landwirtschaftlichen Nutzflächen zu vernachlässigen, und die Flächen können als weitestgehend homogen angesehen werden.

## Magnesitwerk Trieben

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

### Ergebnisse:

An den beiden Standorten des Untersuchungsgebietes wurden folgende **Normalwert-Überschreitungen** festgestellt:

Standort	Normalwert-Überschreitungen
VFH 9	Mo
VFH 10	Pb, Cr, Mo

Standort	Hor.	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mo	Cd	Hg	As
VFH 9	1	19,4	68,2	20,4	37,4	23,6	10,3	2,33	0,20	0,11	18,6
VFH 9	2	19,0	68,0	16,5	33,9	23,6	9,8	2,44	0,16	0,10	17,6
VFH 9	3	23,1	62,0	14,2	31,5	24,8	10,4	1,49	0,06	0,04	11,0
VFH 10	1	22,1	111,6	52,7	92,4	25,0	10,3	1,77	0,46	0,22	18,4
VFH 10	2	21,0	84,0	28,5	32,9	27,6	13,9	1,27	0,14	0,23	22,6
VFH 10	3	35,0	86,0	17,2	36,1	38,6	20,8	0,89	0,07	0,11	24,2
<b>Normalwerte</b>		<b>60</b>	<b>160</b>	<b>50</b>	<b>80</b>	<b>70</b>	<b>30</b>	<b>1,6</b>	<b>0,5</b>	<b>0,3</b>	<b>40</b>

Die erhöhten Schwermetallgehalte sind als geringfügig zu beurteilen und eher auf die ubiquitäre Umweltbelastung als auf Werksemissionen zurückzuführen. Nur ein erhöhter PAH-Gehalt am Standort **VFH 10** (~600 ppb PAH-Summe) weist auf eine industrielle Belastung hin. Der Standort VFH 10 befindet sich auf einem Hang in Höhe des Werkschornsteines und dürfte daher mehr Belastungen abbekommen als der im Paltental gelegene Punkt VFH 9.

Die **Bodendauerbeobachtung** 1997 – 2017 zeigt **keine Veränderung** der Schwermetall- oder der PAH-Gehalte im Boden.

Örtliche Inhomogenität der Untersuchungsstandorte: Details Seite 38 ff.

Entsprechend der niedrigen Schwermetallgehalte sind auch die Unterschiede zwischen der Bodenbelastung an den Standorten und der gesamten landwirtschaftlichen Nutzflächen zu vernachlässigen, und die Flächen können als weitestgehend homogen angesehen werden.

## 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** war im Murtal etwa 0,5 - 1 km südlich des Industriebereiches. Er wird mittlerweile als industrieller Lagerplatz genutzt und steht für eine Bodendauerbeobachtung nicht mehr zur Verfügung.

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

### Ergebnisse:

Am Standort **VFI 4** des Untersuchungsgebietes wurde **keine Normalwert-Überschreitung** festgestellt.

Die **Bodendauerbeobachtung** 1997 – 2017 zeigt **keine Veränderung** der Schwermetallgehalte.

## Zementwerk Retznei

Im Zementwerk Retznei bei Leibnitz wird seit 1965 Zementklinker hergestellt. Um eine etwaige Schadstoffbelastung der Böden durch das Werk feststellen zu können, wurde der Standort **VFC 1** eingerichtet.

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

### Ergebnisse:

Am Standort **VFC 1** des Untersuchungsgebietes wurde **keine Normalwert-Überschreitung** festgestellt.

Die **Bodendauerbeobachtung** 1997 – 2017 zeigt **keine Veränderung** der Schwermetallgehalte.

Örtliche Inhomogenität der Untersuchungsstandorte: Details Seite 38 ff.

Entsprechend der niedrigen Schwermetallgehalte ist auch der Unterschied zwischen der Bodenbelastung am Standort und der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche zu vernachlässigen, und die Fläche kann als weitestgehend homogen angesehen werden.

## 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.

### Ergebnisse:

Am Standort **VFI 1** des Untersuchungsgebietes wurde **keine Normalwert-Überschreitung** festgestellt.

Die **Bodendauerbeobachtung** 1997 – 2017 zeigt **keine Veränderung** der Schwermetallgehalte.

Örtliche Inhomogenität der Untersuchungsstandorte: Details Seite 38 ff.

Entsprechend der niedrigen Schwermetallgehalte ist auch der Unterschied zwischen der Bodenbelastung am Standort und der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche zu vernachlässigen, und die Fläche kann als weitestgehend homogen angesehen werden.

### c.) Bodenbeeinflussung 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

Der Standort **VFF 4** musste als Dauerbeobachtungsfläche aufgelassen werden.

#### Ergebnisse:

An den Standorten des Untersuchungsgebietes wurden folgende **Normalwert-Überschreitungen** festgestellt:

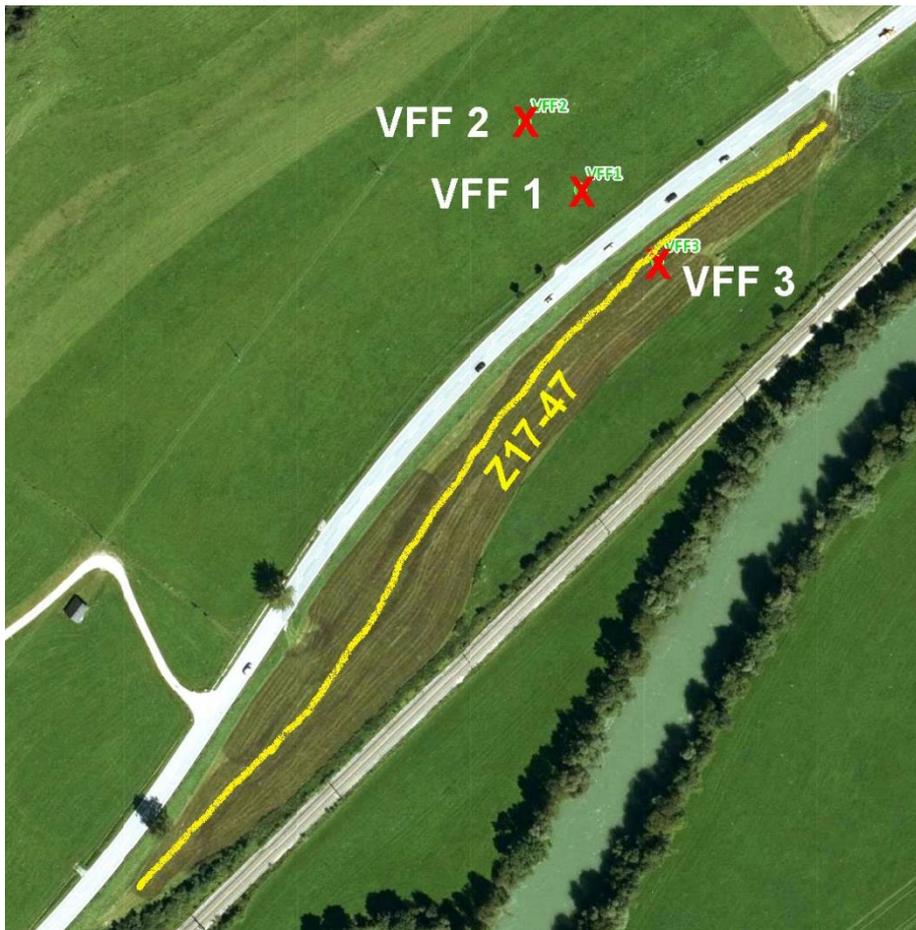
Standort	Normalwert-Überschreitungen
<b>VFF 1</b>	Cu, Cr, Ni, Co, Mo, Cd
<b>VFF 2</b>	Cu, Pb, Cr, Ni, Co, Mo, Cd
<b>VFF 3</b>	Cu, Pb, Cr, Mo, Cd
<b>VFF 4</b>	-
<b>VFF 5</b>	-
<b>VFF 6</b>	-
<b>VFF 7</b>	Cd

Bei den verkehrsrelevanten Schadstoffen Blei (ehemaliger Benzinzusatz) und Cadmium (Abrieb) sind die Einträge sehr moderat und mit jenen aus der ubiquitären Umweltverschmutzung vergleichbar. Verkehrsbedingte Schadstoffeinträge sind am ehesten entlang der Nordausfahrt von Graz und an der Packautobahn festzustellen, aber auch hier auf sehr niedrigem Gehaltsniveau. Entlang der Ennstal-Bundesstraße wurde vor allem am Standort **VFF 3** (Senke unter der Straße) ein deutlicher Eintrag vermutet, der nicht bestätigt werden konnte. Um diesen Befund nochmals zu überprüfen wurde 2017 entlang der Straße eine flächenhafte Bodenprobenahme durchgeführt.

Überraschend waren die geogenen Cr- und Ni-Gehalte der Standorte **VFF 1-3**, welche an und für sich typisch für paläozoisches Ausgangsmaterial sind. Laut Geländebefund und geologischer Karte (GIS) ist das bodenbildende Ausgangsmaterial aber dem Tertiär (VFF 1+2) bzw. Quartär (VFF 3) zuzurechnen. Mit der Abklärung der Herkunft der Schadstoffe wird sich der nächste Bodenschutzbericht befassen.

Die **Bodendauerbeobachtung** 1997 – 2017 zeigt **keine Veränderung** der Schwermetallgehalte.

Örtliche Inhomogenität der Untersuchungsstandorte: Details Seite 38 ff.



2017 wurde ergänzend zur 20-Jahreskontrolle am Standort VFF 3 auch eine flächenhafte Untersuchung (gelbe Probenahmelinie) entlang der Ennstal-Bundesstraße gemacht (Z17-47).

mg/kg	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mo	Cd	Hg	As
<b>VFF 3 (2017)</b>	67,4	126,5	64,9	81,1	67,6	25,0	1,81	0,56	0,15	25,4
<b>Z17-47 (Fläche)</b>	47,1	121,8	54,1	73,6	60,4	21,9	1,39	1,12	0,17	21,4
<b>Normalwerte</b>	60	160	50	80	70	30	1,6	0,5	0,3	40

Man erkennt, dass vor allem die Gehalte von Cu und Mo bei der flächenhaften Beprobung (Z17-47) niedriger werden (örtliche Variabilität geogener Belastungen), das verkehrsrelevante Cd aber seinen Gehalt gegenüber der geringen Belastung am Bodenschutzstandort VFF 3 verdoppelt! Es wird angenommen, dass sich irgendwo entlang der Probenahmelinie Cd-Einträge aus dem Straßenverkehr (Abrieb von Bremsen, Kupplung und Straßenbelag) in einer Senke angereichert haben. Einträge aus ehemals verbleitem Benzin sind laut Profilanalyse des Standorts VFF 3 nicht gegeben. Das festgestellte geogene Blei ist gleichmäßig über die Untersuchungsfläche verteilt.

Beim Vergleich Flächenbeprobung gegen punktförmiger Standortuntersuchung zeigt sich bei den Standorten an der Nordausfahrt von Graz (VFF 5+6), dass die Gehalte des Bodenschutzstandortes die maximale Belastung erfassen. Und am Standort unter der Packautobahn (VFF 7) ist das verkehrsrelevante Pb am Bodenschutzstandort am höchsten, die geogenen Elemente Ni und Co sind bei der flächenhaften Beprobung geringfügig höher.

## d.) Bodenbelastung an Tontaubenschießplätzen

In der Steiermark gibt es etwa 15 größere Wurfscheibenanlagen. 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.

### Wurftaubenstand Gamlitz

Die Schießanlage in Gamlitz (Bezirk Leibnitz) ist seit etwa 50 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 verwendete Bleischrot 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

Die Standorte **VFA 2+3** wurden aufgelassen und nur **VFA 1** für die Bodendauerbeobachtung weiter beprobt.

#### Ergebnisse:

An den Standorten des Untersuchungsgebietes wurden **keine Normalwert-Überschreitungen** festgestellt.

Die **Bodendauerbeobachtung** 1997 – 2017 zeigt **keine Veränderung** der Schwermetallgehalte.

#### Örtliche Inhomogenität der Untersuchungsstandorte: Details Seite 38 ff.

Entsprechend der niedrigen Schwermetallgehalte ist auch der Unterschied zwischen der Bodenbelastung am Standort und der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche zu vernachlässigen, und die Fläche kann als weitestgehend homogen angesehen werden.

Die extrem hohen **PAH**-Gehalte aus den Tontaubenscherben schwanken selbst am Bodenschutzstandort innerhalb der Untersuchungsjahre so stark (ca. 22.000 - 67.000 ppb PAH-Summe), dass keine statistisch sichere Abgrenzung zu den Gehalten in der Gesamtfläche (ca. 25.000 ppb PAH-Summe) möglich ist.

## Schießstätte Obergnas

Die Schießanlage in Obergnas (Bezirk Südoststeiermark) ist seit etwa 50 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

### Ergebnisse:

An den Standorten des Untersuchungsgebietes wurden im Rahmen der Bodenzustandsinventur folgende **Normalwert-Überschreitungen** festgestellt:

Standort	Normalwert-Überschreitungen
<b>VFA 4</b>	As
<b>VFA 5</b>	Pb
<b>VFA 6</b>	Pb

Die geringfügig erhöhten As-Gehalte am Kontrollstandort **VFA 4** dürften aus dem bodenbildenden Schwemmmaterial des Kohlbergbaches stammen.

Am Untersuchungsstandort **VFA 5** geht die Hauptmenge des Bleischrotts nieder und man findet bei den 10-Jahreskontrollen 1997-2007-2017 stark schwankende Pb-Gehalte (668-3308-1995 mg/kg).

Die Pb-Belastung am Standort **VFA 6** ist deutlich niedriger, weist aber auch starke Schwankungen auf (38-127-51 mg/kg). Das Blei stammt vermutlich aus mehreren Quellen: Geogene Grundbelastung, ubiquitäre Umweltbelastung und geringe Einträge von Bleischrott.

Extrem hoch ist in diesem Bereich des Ackers der Gehalt an **PAH** aus den dort niederfallenden Tontaubenscherben. Die gemessenen Gehalte in den Jahren 1997-2007-2017 liegen bei 24.000-27.000-61.000 ppb PAH-Summe. Ob der auffallend hohe Gehalt im Untersuchungsjahr 2017 auf eine wirkliche Zunahme der Belastung zurückzuführen ist, oder nur ein Zufallsbefund durch die hohe inhomogene Verteilung der Tontaubenscherben im Boden, kann nur eine Weiterführung der Bodendauerbeobachtung klären.

### Örtliche Inhomogenität der Untersuchungsstandorte: Details Seite 38 ff.

Eine flächenhafte Probenahme in der gesamten Ackerfläche von **VFA 5** zeigt, dass am Bodenschutzstandort die meisten Schwermetalle im Maximum erfasst wurden.

Die gesamte Ackerfläche von **VFA 4+6** spiegelt der Bodeninhomogenität entsprechend unterschiedliche Verteilungsmuster bei Ni, Mo und As wieder. Nur Pb ist in der Gesamtfläche deutlich höher, was bedeutet, dass hier ein weiterer vom Bleischrott belasteter Bereich sein muss.

## Zusammenfassung der Ergebnisse der Bodendauerbeobachtung

### Schwermetalle

An 3 der 77 kontrollierten Standorte konnten Veränderungen im Laufe der betrachteten 20 Jahre festgestellt werden. Das heißt, 74 von 77 Untersuchungsstellen weisen keinen statistisch gesicherten Trend ihrer Schwermetallgehalte auf. Bei den Standorten mit gesicherten Veränderungen, zeigt nur **VFG 3** eine steigende Tendenz beim Arsen, die übrigen Schwermetalltrends sind fallend.

Die von Trends betroffenen Standorte und Schwermetalle sind aus der nachstehenden Übersichtstabelle ersichtlich. Die Schwermetalle Cu, Zn, Cr, Ni, Co, Cd und Mo weisen an keinem der untersuchten Standorte Veränderungen auf.

Standort	Pb	Hg	As	Anmerkung
VFD 7			-	Ehemaliger As-Bergbau Straßegg
VFG 3	-		+	Ehemaliges Bergbaugebiet Eschachalm
VFG 9		-	-	Ehemaliges Bergbaugebiet Weitgassau/Pichl

Der Grünlandstandort **VFD 7** am Straßegg grenzt an den Haldenbereich eines ehemaligen Arsenbergbaugebietes an und ist deshalb extrem stark mit Arsen belastet:

Jahr	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mo	Cd	Hg	As
1997	70,2	104,0	288,9	520,0	261,0	37,4	1,34	0,30	0,13	1630
2007	78,5	20,2	296,5	535,3	263,7	43,0	1,18	0,31	0,15	1340
2017	71,7	99,9	200,7	457,2	227,6	39,4	1,33	0,37	0,13	1040
Normalwerte	60	160	50	80	70	30	1,6	0,5	0,3	40

Die nur beim Arsen festgestellt Abnahme dürfte ein Zufallsergebnis sein, dass auf die Höhe und starke Bodeninhomogenität der Schwermetallgehalte zurückzuführen ist. Hier ist der verwendete Algorithmus zur Erkennung von Trends einfach überfordert.

Der Standort **VFG 3** ist ein als Grünland genutzter Schwemmboden im Obertal der Schladminger Tauern. Auf Grund der geringen Mächtigkeit des Bodens konnte nur der Oberboden beprobt werden. Seine Schwermetallgehalte (in mg/kg) spiegeln den Erzreichtum der Region wieder:

Jahr	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mo	Cd	Hg	As
1997	49,8	138,0	309,5	48,4	35,0	20,1	1,27	0,37	0,16	75,2
2007	58,4	200,4	230,5	48,0	42,0	20,6	1,31	0,37	0,24	107,2
2017	62,9	160,6	163,9	47,5	33,0	21,7	1,45	0,36	0,19	113,6
Normalwerte	60	160	50	80	70	30	1,6	0,5	0,3	40

Trends einer Ab- oder Zunahme der Schwermetallgehalte, wie sie hier beim Pb und As abgeleitet wurden, sind vermutlich rein zufällig und auf die hohe Inhomogenität der im Boden enthaltenen erzführenden Mineralien zurückzuführen. Sprich, die hohe örtliche

Variabilität der Elemente überdeckt und verschleiert eventuell vorhandene Trends, die nur durch deutlich längere Beobachtungszeiträume und angepasste statistische Algorithmen erkannt werden könnte.

Der Grünlandstandort **VFG 9** liegt auf einer Schlackendeponie der ehemaligen Blei-Silber-Hütte Weitgassau bei Pichl:

Jahr	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mo	Cd	Hg	As
<b>1997</b>	541,0	328,0	952,0	57,4	68,4	18,2	0,60	0,82	0,49	87,6
<b>2007</b>	40,2	112,6	36,9	60,8	49,9	23,0	0,91	0,18	0,14	32,8
<b>2017</b>	45,7	89,2	50,7	52,9	30,1	21,1	1,09	0,18	0,10	28,4
<b>Normalwerte</b>	<b>60</b>	<b>160</b>	<b>50</b>	<b>80</b>	<b>70</b>	<b>30</b>	<b>1,6</b>	<b>0,5</b>	<b>0,3</b>	<b>40</b>

An diesem Standort fällt eine deutliche Abnahme fast aller Schwermetallgehalte (außer Co und Mo) nach 1997 auf, welche aufgeklärt werden konnte. Der Standort wurde nämlich ~1999 mit Humus von der nahen Reiteralp-Piste überdeckt. Durch diese Maßnahme wurde die Bodenqualität deutlich verbessert. Veränderungen der Schwermetallgehalte im Laufe der Zeit können somit frühestens nach einer Kontrolle 2027 getroffen werden.

## Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH, PAK)

Diese ubiquitär in Böden vorkommende Schadstoffgruppe entsteht durch Verbrennungsvorgänge und gilt als ein universeller Indikator für Umweltbelastungen.

Zur Bewertung der Untersuchungsergebnisse wurde folgende grobe Klasseneinteilung getroffen (ppb = µg/kg):

PAH-Summe	0 - 200 ppb	„Ubiquitäre Belastung“
PAH-Summe	201 - 500 ppb	„Erhöhte Belastung“
PAH-Summe	> 500 ppb	„Starke Belastung“

Bei den folgenden Standorten wurden abnehmende Trends festgestellt: in µg/kg (ppb)

Standort	1997	2007	2017
<b>VFD 5</b>	31	18	12
<b>VFE 5</b>	28	14	12
<b>VFE 11</b>	27	17	15
<b>VFG 2</b>	101	23	21
<b>VFH 7</b>	58	38	28
<b>VFI 1</b>	117	114	38

Die PAH-Gehalte der Standorte waren schon 1997 im niedrigen Gehaltsbereich „ubiquitärer Belastung“ und bleiben weiterhin umweltthematisch nicht relevant.

### 3. Örtliche Inhomogenität der Untersuchungsstandorte

Die Ausbreitung von Schadstoffen ist stark von der Art der Belastungen abhängig. So können Schwermetalle aus sehr kleinräumigen Vererzungen stammen, oder über die Schornsteine einer Industrieanlage sehr weitflächig verbreitet werden.

Die Ergebnisse der Bodenzustandsinventur (**BZI**) haben nur im unmittelbaren Bereich der Probennahmefläche des Untersuchungsstandortes (maximal 500 m<sup>2</sup>) Gültigkeit. Es handelt sich also um keine flächenhaften Erhebungen.

Um das Ausmaß der Belastungen an den hier gegenständlichen Standorten besser einschätzen zu können, wurden 2017 parallel zu den Kontrollen im Rahmen der Bodendauerbeobachtung **flächenhafte Zusatzuntersuchungen** durchgeführt. Dazu wurde analog zu den ÖNormen L1055 und 1056 betreffend der Probenahmenvorgaben für Acker bzw. Grünland vorgegangen und eine Mischprobe aus zumindest 25 Einstichen pro Fläche genommen.

Die Untersuchungsergebnisse dieser flächenhaften Beprobung werden hier jenen aus der Bodendauerbeobachtung 2017 gegenübergestellt.

Flächenbeprobung höher als punktförmige BZI	↑
Flächenbeprobung niedriger als punktförmige BZI	↓

Standort	Nr.	Nutzung	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mo	Cd	Hg	As
VFA	1	G			↓					↑		
VFA	4	A			↑							↓
VFA	5	A	↓	↓	↓		↓	↓			↓	
VFA	6	A			↑		↓		↑			↑
VFB	1	A										
VFB	2	A							↑		↑	
VFB	3	A				↓						
VFB	4	A		↑	↑					↑		
VFB	5	G		↓					↓	↓		
VFB	6	G					↑		↓			↑
VFB	7	G		↓		↑	↑	↑				↑
VFB	8	G										
VFB	9	G										
VFB	11	A										
VFC	1	A							↑			
VFC	6	G					↑		↓			↑
VFC	7	H	↑			↑	↑	↑	↓			
VFC	8	G				↑						
VFC	10	G					↑	↑	↓			
VFD	1	G		↑	↑					↑	↑	↓
VFD	2	G						↑				
VFD	3	G	↓	↓	↓	↑				↓		↓
VFD	4	G		↓	↓				↑	↓	↓	



Aus dieser auf den ersten Blick verwirrenden Darstellung erkennt man, dass an nur wenigen Standorten alle Schwermetallgehalte der flächenhaften Beprobung mit jenen der herkömmlichen punktförmigen Probenahme im Rahmen üblicher statistischer Schwankungen übereinstimmen (z. B. VFH 3). An den meisten Standorten weichen die Ergebnisse der beiden Probenahme-Techniken voneinander ab, oft nicht einmal für alle Schwermetalle in dieselbe Richtung (z. B. VFH 6: Pb ist bei der Flächenbeprobung höher, Cr, Ni, Co und Mo sind niedriger als bei der punktförmigen Probenahme).

### **Fazit:**

Die durchgeführten Untersuchungen zur örtlichen Variabilität liefern eine unmittelbare **Aussage über die Ausdehnung von Bodenbelastungen** in der untersuchten landwirtschaftlichen Nutzfläche. Aussagen über etwaige Belastungen angrenzender Grundstücke sind daraus nicht ableitbar!

Es wurde erkannt, dass nur an wenigen Standorten der Boden so homogen ist, dass die Ergebnisse der Bodenzustandsinventur für die gesamte Nutzfläche charakteristisch sind.

An Standorten, wo die flächenhafte Beprobung niedrigere Gehalte (↓) aufweist, hat man bei der Bodenzustandsinventur einen „Hotspot“ getroffen und sozusagen den worst-case dokumentiert.

Dort, wo die flächenhafte Beprobung höhere Gehalte (↑) aufweist, muss irgendwo in der Untersuchungsfläche eine Stelle mit höheren Belastungen, als am Bodenschutzpunkt sein.

Im Folgenden werden die Ergebnisse von Zusatzuntersuchungen zur örtlichen Variabilität an vier Standorten besprochen. Lokale Schwankungen der Untersuchungsparameter beeinflussen nicht nur die Aussagekraft der Bodenzustandsinventur und erschweren das Erkennen von zeitlichen Trends bei der Bodendauerbeobachtung, sondern müssen auch bei der Klärung der Ausdehnung und Herkunft von Schadstoffbelastungen Beachtung finden (Thematik des Bodenschutzberichtes 2019).

## Zusatzuntersuchungen zur örtlichen Variabilität

### RAX 10

Der Ackerstandort **RAX 10** repräsentiert eine typische landwirtschaftliche Nutzfläche der südoststeirischen Mur-Au (~ 31.500 m<sup>2</sup> = 3 ha). Die Untersuchungen des Bodenschutzprogrammes erfassen nur einen Teil der Fläche (max. 500 m<sup>2</sup>) und beziehen sich auf eine Mischprobe von vier Einzelproben (Durchführung der Probenahme siehe Bodenschutzbericht 2016, Seite 10). Diese Art der Probenahme wurde im Hinblick auf eine Bodendauerbeobachtung optimiert und muss nicht mit den Bodeneigenschaften der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche übereinstimmen. Um die Variabilität der Untersuchungsparameter abzuschätzen wurden 2018 acht Zusatzuntersuchungen am Ackerstandort durchgeführt.



Die Zusatzuntersuchungen 1 - 4 zeigen die Streuungen am Probenahmekreis des Untersuchungsstandortes RAX 10, entsprechend den vier Einzelproben, welche normalerweise zu einer Mischprobe vereint werden. Die Zusatzuntersuchungen 5 - 8 repräsentieren vier weitere Einzelproben des Ackers.

Entfernung der vier Zusatzuntersuchungen Z18 5-8 zum Standort RAX 10:

Z18-5	80 m
Z18-6	150 m
Z18-7	155 m
Z18-8	95 m

Untersuchungsergebnisse:

Die **rot** gefärbten Werte der Zusatzuntersuchungen Z18 5-8 weichen deutlich vom Ergebnis am Bodenschutzstandort ab.

**MW** und **VB** sind der Mittelwert und der Vertrauensbereich der vier Einzeluntersuchungen.

Der Vertrauensbereich **VB<sub>BZI</sub>** ist der aus der Bodenzustandsinventur abgeleitete Mittelwert aller 1000 Standorte in der Steiermark, der über eine Geradengleichung auf die betreffende Konzentration hin korrigiert wurde.

<b>Allgemeine Bodenparameter</b>
----------------------------------

Angabe der Korngrößen und des Humusgehaltes in %.

Probe	Sand	Schluff	Ton	Humus	pH-Wert
<b>Z18-1</b>	46	46	8	2,4	6,4
<b>Z18-2</b>	39	53	8	2,7	6,3
<b>Z18-3</b>	43	49	8	2,5	5,8
<b>Z18-4</b>	42	50	8	2,9	6,4
<b>MW</b>	<b>43</b>	<b>50</b>	<b>8</b>	<b>2,6</b>	<b>6,2</b>
<b>VB</b>	6	6	-	0,4	0,6
<b>RAX 10</b>	<b>44</b>	<b>49</b>	<b>7</b>	<b>2,7</b>	<b>6,3</b>
<b>VB<sub>BZI</sub></b>	2	3	2	0,5	0,3
<b>Z18-5</b>	36	55	9	1,9	5,9
<b>Z18-6</b>	38	53	9	2,0	6,3
<b>Z18-7</b>	38	53	9	2,5	6,3
<b>Z18-8</b>	43	48	9	1,9	5,7
<b>MW</b>	<b>39</b>	<b>52</b>	<b>9</b>	<b>2,1</b>	<b>6,1</b>
<b>VB</b>	6	6	-	0,6	0,6

Die Übereinstimmung der Gehalte und ihrer Streuungen (VB) ist bei den allgemeinen Bodenparametern sehr gut. Sowohl die Einzeluntersuchungen Z18 1-4, als auch die vier Proben im Ostteil des Ackers Z18 5-8, stimmen mit der Mischprobe von RAX 10 überein. Die örtliche Variabilität der betrachteten Parameter ist gering und die Ergebnisse einer punktförmig durchgeführten Einzeluntersuchung sind auf die gesamte Ackerfläche übertragbar.

Die Ergebnisse ergeben einen *leichten* Boden mit einem Tongehalt unter 15 %, Humusgehalt und anzustrebender Säuregrad sind *in Ordnung*. Alle untersuchten Bodenproben des Standortes sind kalkfrei.

<b>Nährstoffe</b>
-------------------

Angaben in mg/100g (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, austauschbare Kationen Ca, Mg, K + Na) und mg/kg (Bor, pflanzenverfügbares Cu, Zn, Mn + Fe).

Probe	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaKat	MgKat	KKat	NaKat	Mg	Bor	Cu	Zn	Mn	Fe
<b>Z18-1</b>	57	46	235	23,1	44,2	0,46	18	1,2	10,7	16,6	278	888
<b>Z18-2</b>	60	21	267	25,5	24,2	0,46	20	1,3	12,3	19,7	324	1059
<b>Z18-3</b>	36	20	218	19,4	23,1	0,46	17	0,7	11,3	14,1	246	731
<b>Z18-4</b>	63	37	287	25,5	33,6	0,46	19	1,4	13,2	21,5	314	1110
<b>MW</b>	<b>54</b>	<b>31</b>	<b>252</b>	<b>23,4</b>	<b>31,3</b>	<b>0,46</b>	<b>19</b>	<b>1,2</b>	<b>11,9</b>	<b>18,0</b>	<b>291</b>	<b>947</b>
<b>VB</b>	24	25	62	5,8	19,6	-	3	0,6	2,2	6,6	71	345
<b>RAX 10</b>	<b>59</b>	<b>24</b>	<b>265</b>	<b>25,5</b>	<b>22,7</b>	<b>0,23</b>	<b>20</b>	<b>1,3</b>	<b>13,1</b>	<b>20,7</b>	<b>323</b>	<b>777</b>
<b>VB<sub>BZI</sub></b>	18	8	40	5,4	8,6	0,22	4	0,6	2,7	5,7	60	205
<b>Z18-5</b>	<b>14</b>	<b>10</b>	206	19,4	<b>9,8</b>	0,69	17	<b>0,4</b>	<b>8,3</b>	<b>4,2</b>	<b>158</b>	<b>298</b>
<b>Z18-6</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	245	28,0	<b>8,6</b>	0,69	<b>22</b>	0,6	<b>8,8</b>	<b>4,5</b>	258	<b>339</b>
<b>Z18-7</b>	<b>11</b>	<b>7</b>	257	<b>35,2</b>	<b>9,8</b>	0,69	<b>27</b>	0,8	10,0	<b>6,7</b>	306	<b>387</b>
<b>Z18-8</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>180</b>	20,7	<b>7,8</b>	0,69	19	<b>0,4</b>	<b>7,6</b>	<b>4,8</b>	<b>168</b>	<b>265</b>
<b>MW</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	<b>222</b>	<b>25,8</b>	<b>9,0</b>	<b>0,69</b>	<b>21</b>	<b>0,6</b>	<b>8,7</b>	<b>5,1</b>	<b>223</b>	<b>322</b>
<b>VB</b>	5	3	70	14,6	1,9	-	9	0,4	2,0	2,3	143	105

Nahezu alle Nährstoffgehalte im östlichen Teil der Ackerfläche weichen von jenen am Bodenschutzstandort RAX 10 ab. Besonders auffällig sind die Hauptnährstoffe Phosphor und Kalium, welche am Standort überdüngt sind, in der östlichen Ackerfläche hingegen in der Gehaltsstufe *ausreichend* bzw. *niedrig* liegen. Die Situation bei den Spurennährstoffen verhält sich analog.

Die aus den vier Einzeluntersuchungen Z18 1-4 und 5-8 errechneten Vertrauensbereiche VB stimmen mit dem aus der Bodenzustandsinventur abgeleiteten Schätzwert **VB<sub>BZI</sub>** nur sehr grob überein. Die Abweichung der Streuungen zeigt den großen Einfluss des bei der Ableitung statistischer Größen verwendeten Einzelkollektivs und die hohe örtliche Inhomogenität der Nährstoffversorgung.

Zur Korrektur der ungleichen Nährstoffversorgung der Ackerfläche ist künftig auf eine homogenere Ausbringung der Düngemittel zu achten!

<b>Schwermetalle in mg/kg</b>
-------------------------------

Probe	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mo	Cd	Hg	As
Z18-1	35,5	110,9	42,5	32,0	32,5	10,0	0,55	0,39	0,23	10,0
Z18-2	41,8	129,9	50,2	37,0	37,2	11,5	0,57	0,47	0,25	10,9
Z18-3	36,3	111,9	47,3	34,1	34,2	10,3	0,58	0,40	0,25	11,1
Z18-4	39,8	122,6	50,4	34,0	33,7	10,3	0,57	0,44	0,22	10,2
<b>MW</b>	<b>38,4</b>	<b>118,8</b>	<b>47,6</b>	<b>34,3</b>	<b>34,4</b>	<b>10,5</b>	<b>0,57</b>	<b>0,43</b>	<b>0,24</b>	<b>10,5</b>
<b>VB</b>	5,9	18,2	7,4	4,1	4,0	1,3	0,03	0,07	0,03	1,1
<b>RAX 10</b>	<b>38,1</b>	<b>116,7</b>	<b>45,4</b>	<b>32,4</b>	<b>33,6</b>	<b>10,3</b>	<b>0,59</b>	<b>0,40</b>	<b>0,18</b>	<b>10,4</b>
<b>VB<sub>BZI</sub></b>	5,4	13,8	7,7	5,2	4,1	1,5	0,10	0,08	0,05	1,6
Z18-5	36,0	101,3	49,3	41,7	41,6	12,9	0,54	0,38	0,17	14,5
Z18-6	34,5	97,0	47,3	39,0	39,2	12,0	0,49	0,38	0,14	14,1
Z18-7	38,0	109,2	50,9	40,1	40,3	12,3	0,62	0,43	0,25	15,5
Z18-8	31,4	95,0	46,9	34,8	35,6	10,9	0,45	0,40	0,15	12,9
<b>MW</b>	<b>35,0</b>	<b>100,6</b>	<b>48,6</b>	<b>38,9</b>	<b>39,2</b>	<b>12,0</b>	<b>0,53</b>	<b>0,40</b>	<b>0,18</b>	<b>14,3</b>
<b>VB</b>	5,6	12,6	3,7	5,9	5,2	1,7	0,15	0,05	0,10	2,1

Die meisten Schwermetalle im Ostteil der Ackerfläche weichen deutlich von den Gehalten am Bodenschutzstandort RAX 10 ab und beweisen in dieser optisch homogen wirkenden Fläche die große örtliche Variabilität der untersuchten Parameter.

Der Vergleich der Vertrauensbereiche zeigt im Unterschied zu den Nährstoffen eine gute Übereinstimmung.

Wie aus der Profilanalyse von RAX 10 bekannt ist, finden am Standort neben der ubiquitären Umweltbelastung keine nennenswerten anthropogenen Einträge von Schwermetallen statt. Auch die Normalwerte werden nicht überschritten. Die festgestellten Schwankungen der Bodengehalte sind (abgesehen vom üblichen Probenahme- und Analysenfehler aller Bestimmungsmethoden) naturgegeben und von der Geologie des bodenbildenden Ausgangsmaterials vorbestimmt.

<b>Organische Schadstoffe und Fluor</b>
---

Die Angabe der organischen Schadstoffe erfolgt in ppb ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ), jene des wasserlöslichen Fluors in  $\text{mg}/\text{kg}$ .

Probe	PAH-Summe	DDT	Fluor
Z18-1	129	37	2,9
Z18-2	197	8	2,4
Z18-3	224	8	2,4
Z18-4	229	36	2,3
<b>MW</b>	<b>194</b>	<b>22</b>	<b>2,5</b>
<b>VB</b>	92	33	0,5
<b>RAX 10</b>	<b>185</b>	<b>16</b>	<b>2,1</b>
<b>VB<sub>BZI</sub></b>	87	21	0,5
Z18-5	69	0	3,8
Z18-6	72	0	4,6
Z18-7	212	0	4,4
Z18-8	80	0	3,8
<b>MW</b>	<b>108</b>	<b>0</b>	<b>4,2</b>
<b>VB</b>	138	0	0,8

Die Gruppe der organischen Schadstoffe (PAH, DDT) hat im Vergleich zu anderen Bodenparametern von Natur aus einen größeren Analysenfehler und eine hohe örtliche Variabilität.

Bei den PAH stimmen sowohl die Einzeluntersuchungen Z18 1-4, als auch die vier Proben im Ostteil des Ackers Z18 5-8 mit der Mischprobe von RAX 10 innerhalb der großen Schwankungsbreite überein. Die Ergebnisse einer punktförmig durchgeführten Einzeluntersuchung sind daher mit jenen der gesamten Ackerfläche vergleichbar.

Der Schadstoff DDT ist nur am Untersuchungsstandort, nicht aber im Ostteil der Ackerfläche nachzuweisen. Möglicherweise wurde früher nur der westliche Ackerstreifen für Kartoffelanbau genutzt und dort das Insektizid eingesetzt.

Das wasserlösliche Fluor weist eine ähnlich hohe örtliche Variabilität auf, wie die Nährstoffe. Der Unterschied der Belastung zwischen West- und Ostteil der Ackerfläche ist ungeklärt.

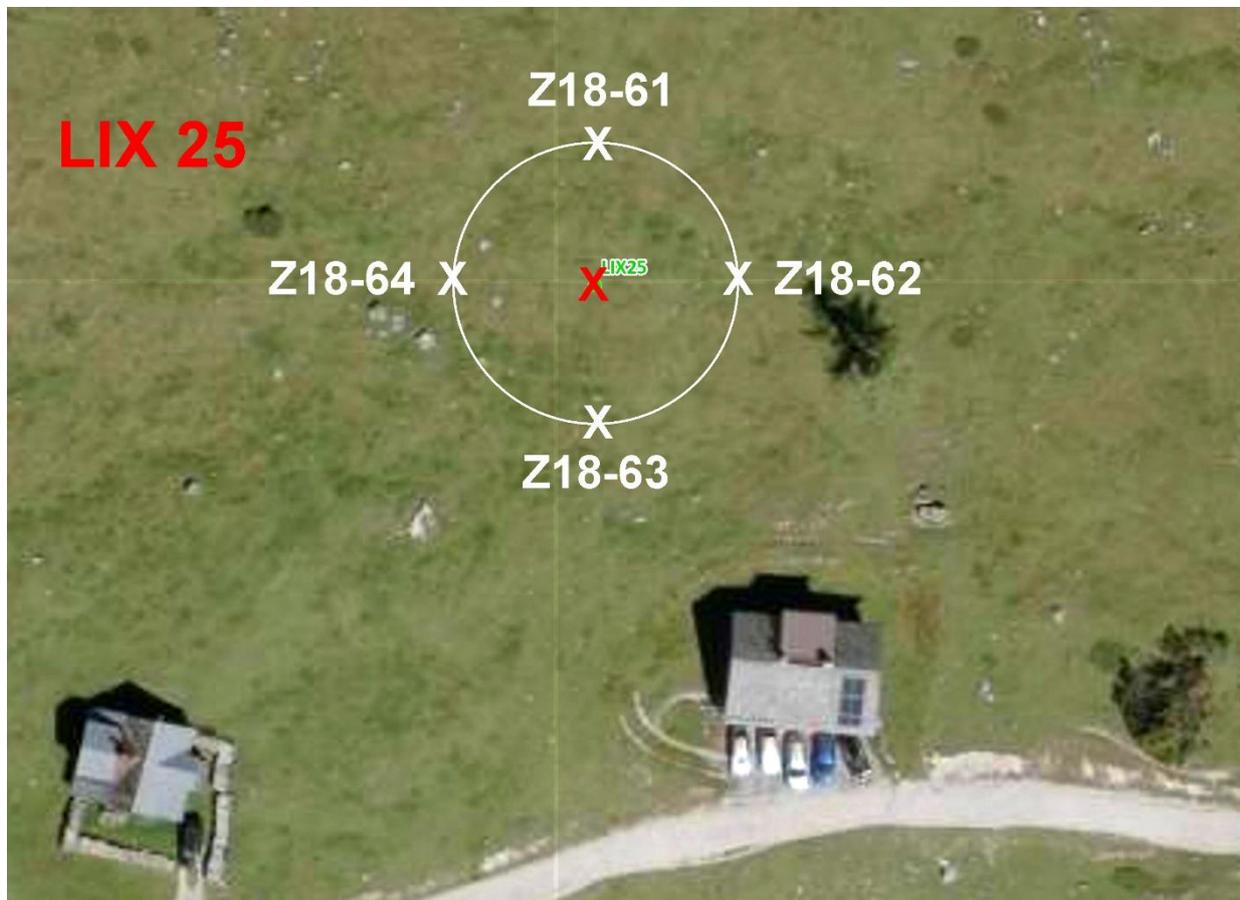
## LIX 25

Der Hochalmstandort LIX 25 liegt im Bereich der Tauplitz und weist ein typisch kalkalpines Belastungsbild der Schwermetalle Zn, Pb, Cd auf.

Schwermetallgehalte der Bodendauerbeobachtung in mg/kg:

Jahr	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mo	Cd	Hg	As
1998	14,1	420,7	153,0	51,1	13,0	10,0	1,42	1,29	0,10	19,3
2008	15,7	326,7	147,8	35,8	14,9	9,6	1,17	2,48	0,09	18,5
2018	14,7	369,8	179,1	41,1	15,6	7,5	1,62	0,91	0,10	18,8
Normalwerte	60	160	50	80	70	30	1,6	0,5	0,3	40

Zur Abklärung der örtlichen Variabilität der Schwermetalle wurden im Abstand von ca. 12 m vom Mittelpunkt des Standortes vier Zusatzuntersuchungen durchgeführt.



Obwohl das bodenbildende Ausgangsmaterial des Standortes Kalk- und Dolomitgestein ist, ist der Oberboden nur schwach kalkhaltig bzw. völlig entkalkt. Erst im darunterliegenden Horizont (0-20 cm) steigt der Kalkgehalt auf ca. 20 %. Die ursprünglich im Kalkgestein enthaltenen Schwermetalle haben sich offensichtlich beim Entkalkungsvorgang am Humus bzw. an Tonpartikeln angelagert und gemeinsam mit fernverfrachteten Partikeln kumuliert.

Untersuchungsergebnisse:

**MW** und **VB** sind der Mittelwert und der Vertrauensbereich der vier Einzeluntersuchungen.

Der Vertrauensbereich **VB<sub>BZI</sub>** ist der aus der Bodenzustandsinventur abgeleitete Mittelwert aller 1000 Standorte in der Steiermark, der über eine Geradengleichung auf die betreffende Konzentration hin korrigiert wurde.

<b>Allgemeine Bodenparameter</b>
----------------------------------

Angabe der Korngrößen und des Humusgehaltes in %.

<b>P</b>	<b>Sand</b>	<b>Schluff</b>	<b>Ton</b>	<b>Humus</b>	<b>pH-Wert</b>
<b>Z18-61</b>	41	26	33	8,5	3,8
<b>Z18-62</b>	39	36	25	8,1	4,0
<b>Z18-63</b>	66	23	11	15,5	5,9
<b>Z18-64</b>	50	25	25	9,9	4,1
<b>MW</b>	<b>49</b>	<b>28</b>	<b>24</b>	<b>10,5</b>	<b>4,5</b>
<b>VB</b>	25	12	18	6,8	1,9
<b>LIX 25</b>	<b>61</b>	<b>24</b>	<b>15</b>	<b>11,9</b>	<b>4,0</b>
<b>VB<sub>BZI</sub></b>	3	3	2	1,7	0,2

Die Streuungen der Analysenergebnisse (VB) sind an diesem Standort deutlich größer als auf der zuvor besprochenen Ackerfläche RAX 10. Eine Übertragung der Ergebnisse am Standort auf die umliegende Almfläche ist nicht möglich.

Der Boden des Standortes weist eine *mittlere* Bodenschwere auf, der Humusgehalt ist *in Ordnung* und der pH-Wert, wie auf Hochalmflächen häufig, *sauer*. Alle untersuchten Bodenproben des Standortes sind kalkfrei.

<b>Nährstoffe</b>
-------------------

Angaben in mg/100g (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, austauschbare Kationen Ca, Mg, K + Na) und mg/kg (Bor, pflanzenverfügbares Cu, Zn, Mn + Fe).

Probe	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaKat	MgKat	KKat	NaKat	Mg	Bor	Cu	Zn	Mn	Fe
<b>Z18-61</b>	3	13	58,1	19,4	12,1	0,46	18	0,3	2,1	6,4	5	1222
<b>Z18-62</b>	2	16	80,2	20,7	12,9	0,69	20	0,2	2,2	7,7	51	547
<b>Z18-63</b>	4	12	659,3	151,9	8,2	2,76	79	0,3	1,6	6,6	323	273
<b>Z18-64</b>	2	19	146,3	37,7	16,0	1,38	31	0,2	1,7	7,2	50	552
<b>MW</b>	<b>3</b>	<b>15</b>	<b>236,0</b>	<b>57,4</b>	<b>12,3</b>	<b>1,32</b>	<b>37</b>	<b>0,3</b>	<b>1,9</b>	<b>7,0</b>	<b>107</b>	<b>649</b>
<b>VB</b>	2	6	569,0	127,1	6,4	2,07	57	0,1	0,6	1,2	291	808
<b>LIX 25</b>	<b>5</b>	<b>22</b>	<b>88,2</b>	<b>30,4</b>	<b>12,5</b>	<b>0,69</b>	<b>26</b>	<b>0,2</b>	<b>2,3</b>	<b>7,3</b>	<b>33</b>	<b>480</b>
<b>VB<sub>BZI</sub></b>	3	8	24,2	6,8	5,5	0,35	4	0,3	0,4	2,4	19	110

Die Einzeluntersuchungen der Nährstoffgehalte Z18 61-64 weisen fallweise extreme Unterschiede auf, welche sich auch im Vergleich mit den Gehalten und Vertrauensbereichen der Mischprobe des Standortes LIX 25 widerspiegeln.

Die Untersuchungsfläche ist als extrem inhomogen zu beurteilen und eine Extrapolation der Nährstoffsituation am Bodenschutzstandort auf die umliegende Almfläche ist unzulässig.

<b>Schwermetalle in mg/kg</b>
-------------------------------

<b>Probe</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Pb</b>	<b>Cr</b>	<b>Ni</b>	<b>Co</b>	<b>Mo</b>	<b>Cd</b>	<b>Hg</b>	<b>As</b>
<b>Z18-61</b>	12,1	401,8	135,2	44,5	16,6	5,2	1,74	0,50	0,09	23,7
<b>Z18-62</b>	16,8	390,4	167,9	36,8	14,2	7,4	1,41	0,60	0,09	17,8
<b>Z18-63</b>	9,9	301,0	132,6	39,0	15,0	8,2	1,18	2,83	0,11	13,4
<b>Z18-64</b>	10,3	287,9	110,7	42,3	16,0	7,5	1,49	0,98	0,09	13,9
<b>MW</b>	<b>12,3</b>	<b>345,3</b>	<b>136,6</b>	<b>40,7</b>	<b>15,5</b>	<b>7,1</b>	<b>1,46</b>	<b>1,23</b>	<b>0,10</b>	<b>17,2</b>
<b>VB</b>	6,3	118,2	47,2	6,8	2,1	2,6	0,46	2,18	0,02	9,6
<b>LIX 25</b>	<b>14,7</b>	<b>369,8</b>	<b>179,1</b>	<b>41,1</b>	<b>15,6</b>	<b>7,5</b>	<b>1,62</b>	<b>0,91</b>	<b>0,10</b>	<b>18,8</b>
<b>VB<sub>BZI</sub></b>	2,0	38,3	34,8	6,0	2,2	1,2	0,19	0,16	0,04	2,6

Die Schwermetallgehalte der vier Einzeluntersuchungen streuen prinzipiell nicht so stark wie jene der allgemeinen Bodenparameter und Nährstoffe, weisen aber dennoch deutlich größere Schwankungen auf, als am Ackerstandort RAX 10.

Der Mittelwert der Einzelproben stimmt ganz passabel mit dem Gehalt der Mischprobe von LIX 25 überein, dennoch erkennt man am deutlich höheren Vertrauensbereich gegenüber dem Schätzwert aus der Bodenzustandsinventur **VB<sub>BZI</sub>**, dass die örtliche Inhomogenität der Schwermetallgehalte sehr groß ist.

<b>Organische Schadstoffe und Fluor</b>
---

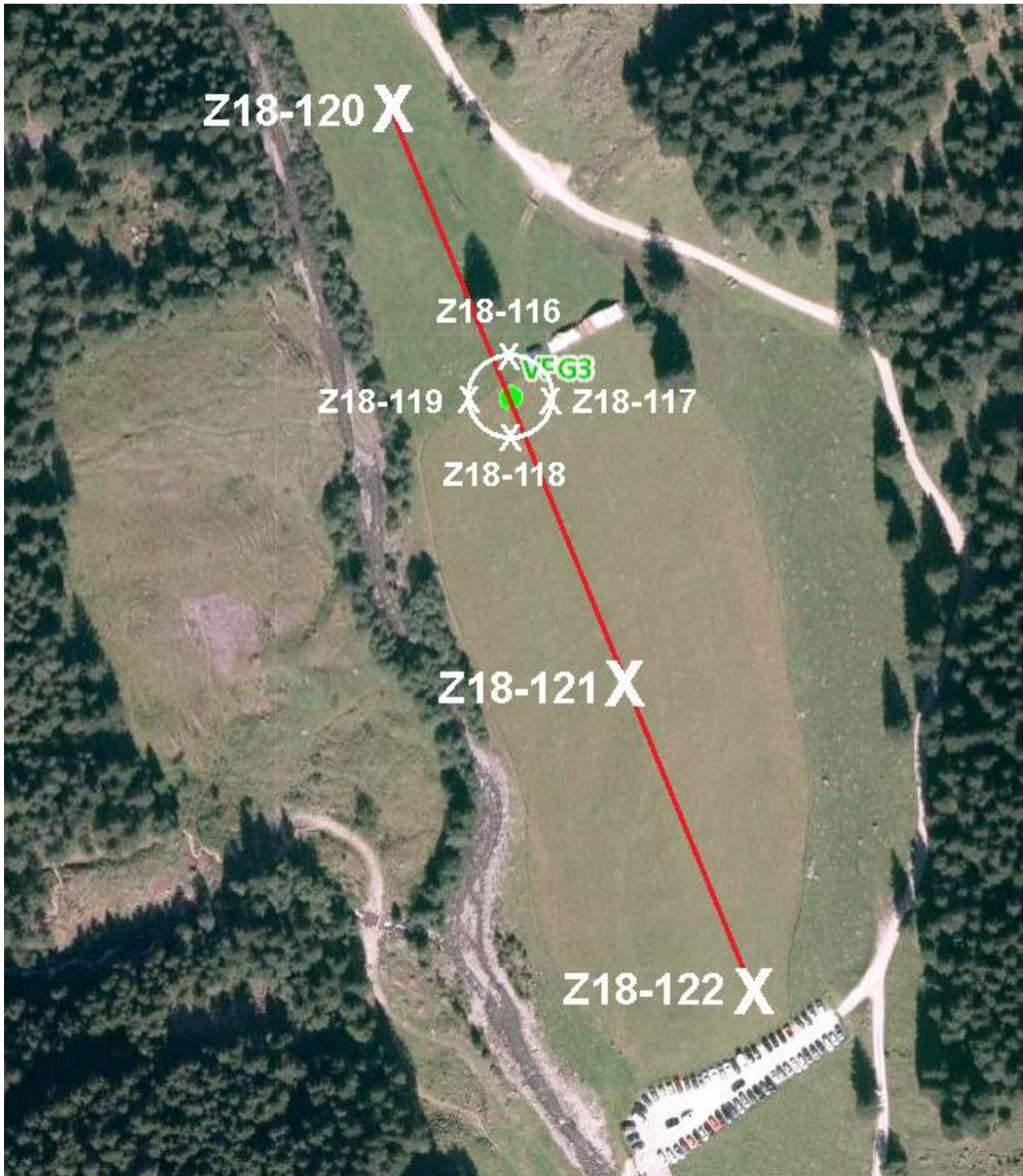
Die Angabe der organischen Schadstoffe erfolgt in ppb ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ), jene des wasserlöslichen Fluors in  $\text{mg}/\text{kg}$ .

<b>Probe</b>	<b>PAH-Summe</b>	<b>Fluor</b>
<b>Z18-61</b>	27	0,4
<b>Z18-62</b>	10	0,1
<b>Z18-63</b>	71	0,3
<b>Z18-64</b>	27	0,0
<b>MW</b>	<b>34</b>	<b>0,2</b>
<b>VB</b>	53	0,3
<b>LIX 25</b>	<b>24</b>	<b>0,3</b>
<b>VB<sub>BZI</sub></b>	5	0,1

Die Belastung des Standortes LIX 25 mit PAH's ist sehr gering, sodass die Ergebnisse der Einzeluntersuchungen gut mit der Mischprobe LIX 25 vergleichbar sind. Selbiges gilt für das wasserlösliche Fluor.

### VFG 3

Der Grünlandstandort VFG 3 repräsentiert eine durch mittelalterliche Bergbautätigkeit beeinflusste landwirtschaftliche Nutzfläche (Bergbauggebiet Eschachalm bei Schladming) und wird durch Überschwemmungen des angrenzenden Obertalbaches immer wieder zusätzlich verändert. Daher wurden hier die Variabilität innerhalb der Probenahme-  
mefläche (Z18 116-119) und Veränderungen entlang des Bachlaufes untersucht (Z18 120-121). Die Länge der Probenahme-  
gerade beträgt 300 m.



Untersuchungsergebnisse:

Die **rot** gefärbten Werte der Zusatzuntersuchungen (Probenahmegerade) weichen deutlich vom Ergebnis am Bodenschutzstandort ab.

**MW** und **VB** sind der Mittelwert und der Vertrauensbereich der vier Einzeluntersuchungen.

Der Vertrauensbereich **VB<sub>BZI</sub>** ist der aus der Bodenzustandsinventur abgeleitete Mittelwert aller 1000 Standorte in der Steiermark, der über eine Geradengleichung auf die betreffende Konzentration hin korrigiert wurde.

Die Untersuchungsergebnisse der Probe **VFG 3** stammen aus dem Probenahmejahr 2017 (außer Korngrößen: 1997). **VFG 3-MW** ist ein Mittelwert aus den Einzelergebnissen Z18 116-119 und ergänzt nur den Lauf der Messungen entlang der 300 m – Gerade.

<b>Allgemeine Bodenparameter</b>
----------------------------------

Angabe der Korngrößen und des Humusgehaltes in %.

Probe	Sand	Schluff	Ton	Humus	pH-Wert
<b>Z18-116</b>	67	28	5	11,4	5,2
<b>Z18-117</b>	76	21	3	6,2	4,5
<b>Z18-118</b>	80	19	1	9,0	4,5
<b>Z18-119</b>	75	21	4	10,9	5,0
<b>MW</b>	<b>75</b>	<b>22</b>	<b>3</b>	<b>9,4</b>	<b>4,8</b>
<b>VB</b>	11	8	3	4,7	0,7
<b>VFG 3</b>	<b>56</b>	<b>39</b>	<b>5</b>	<b>5,1</b>	<b>4,6</b>
<b>VB<sub>BZI</sub></b>	2	3	2	0,8	0,2
<b>Z18-120</b>	70	26	4	6,8	5,2
<b>VFG 3-MW</b>	75	22	3	9,4	4,8
<b>Z18-121</b>	73	26	1	5,0	4,7
<b>Z18-122</b>	66	<b>32</b>	2	10,2	<b>6,3</b>
<b>MW</b>	<b>71</b>	<b>27</b>	<b>3</b>	<b>7,8</b>	<b>5,3</b>
<b>VB</b>	8	8	3	4,8	1,5

Bei der Korngrößenverteilung der Probe VFG 3 von 1997 fällt auf, dass sie weniger Sand- und mehr Schluff-Anteil aufweist, als die neueren Proben. Es ist anzunehmen, dass bei den jüngsten Überschwemmungsereignissen mehr Sand in den Oberboden eingetragen wurde. Auch der Humusgehalt hat sich gegenüber 1997, vermutlich durch Einschwemmung, erhöht. Der Säuregehalt ist, bis auf einen Ausreißer, innerhalb der Schwankungsbreite unverändert.

Alle untersuchten Bodenproben des Standortes sind kalkfrei.

<b>Nährstoffe</b>
-------------------

Angaben in mg/100g (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, austauschbare Kationen Ca, Mg, K + Na) und mg/kg (Bor, pflanzenverfügbares Cu, Zn, Mn + Fe).

Probe	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaKat	MgKat	KKat	NaKat	Mg	Bor	Cu	Zn	Mn	Fe
<b>Z18-116</b>	20	113	214,4	32,8	69,6	1,61	26	0,3	8,1	22,3	147	1358
<b>Z18-117</b>	5	8	80,2	13,4	7,4	1,15	12	0,3	12,6	27,6	98	987
<b>Z18-118</b>	7	11	156,3	24,3	9,4	1,61	19	0,2	7,7	14,9	158	1054
<b>Z18-119</b>	10	113	216,4	25,5	57,5	1,38	22	0,2	7,6	22,3	210	821
<b>MW</b>	<b>11</b>	<b>61</b>	<b>166,8</b>	<b>24,0</b>	<b>36,0</b>	<b>1,44</b>	<b>20</b>	<b>0,3</b>	<b>9,0</b>	<b>21,8</b>	<b>153</b>	<b>1055</b>
<b>VB</b>	13	120	128	16,0	64,4	0,44	12	0,1	4,8	10,4	92	449
<b>VFG 3</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>82,2</b>	<b>13,4</b>	<b>6,3</b>	<b>0,69</b>	<b>10</b>	<b>0,2</b>	<b>10,6</b>	<b>8,7</b>	<b>139</b>	<b>725</b>
<b>VB<sub>BZI</sub></b>	3	3	23,7	3,2	3,7	0,35	3	0,3	2,2	2,7	34	189
<b>Z18-120</b>	3	10	216,4	26,7	5,9	1,38	21	0,2	15,4	7,0	209	791
<b>VFG 3*</b>	11	61	166,8	24,0	36,0	1,44	20	0,3	9	21,8	153	1055
<b>Z18-121</b>	4	14	94,2	10,9	4,7	1,15	10	0,2	11,8	7,6	163	650
<b>Z18-122</b>	6	12	420,8	47,4	5,1	1,15	32	0,3	13,6	8,2	313	607
<b>MW</b>	<b>6</b>	<b>24</b>	<b>224,6</b>	<b>27,3</b>	<b>12,9</b>	<b>1,28</b>	<b>21</b>	<b>0,2</b>	<b>12,5</b>	<b>11,1</b>	<b>210</b>	<b>776</b>
<b>VB</b>	7	49	280,2	30,2	30,8	0,30	18	0,1	5,5	14,2	146	404

Die Nährstoffgehalte variieren sowohl innerhalb des Probenahmestandortes, als auch entlang der 300 m – Gerade stark. Die Vertrauensbereiche der Einzeluntersuchungen sind im Vergleich zur **VB<sub>BZI</sub>** höher, was auf eine große örtliche Variabilität der Untersuchungsparameter hinweist.

<b>Schwermetalle in mg/kg</b>
-------------------------------

Probe	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mo	Cd	Hg	As
<b>Z18-116</b>	37,8	179,2	147,9	40,7	35,6	13,3	1,33	0,43	0,18	62,7
<b>Z18-117</b>	41,7	243,9	158,0	43,4	32,9	14,3	1,20	0,54	0,21	60,4
<b>Z18-118</b>	33,9	146,4	152,9	38,8	28,5	12,3	1,12	0,35	0,12	50,0
<b>Z18-119</b>	41,9	118,4	375,6	31,8	25,1	10,0	1,30	0,37	0,12	42,8
<b>MW</b>	<b>38,8</b>	<b>172,0</b>	<b>208,6</b>	<b>38,7</b>	<b>30,5</b>	<b>12,5</b>	<b>1,24</b>	<b>0,42</b>	<b>0,16</b>	<b>54,0</b>
<b>VB</b>	7,6	108,0	222,8	9,9	9,3	3,7	0,19	0,17	0,09	18,6
<b>VFG 3</b>	<b>62,9</b>	<b>160,6</b>	<b>163,9</b>	<b>47,5</b>	<b>44,6</b>	<b>21,7</b>	<b>1,45</b>	<b>0,36</b>	<b>0,19</b>	<b>113,6</b>
<b>VB<sub>BZI</sub></b>	8,9	18,1	31,7	6,6	5,2	2,4	0,17	0,07	0,05	13,7
<b>Z18-120</b>	<b>52,9</b>	145,4	100,5	46,1	<b>39,9</b>	<b>17,4</b>	1,27	0,41	0,14	<b>84,3</b>
<b>VFG 3*</b>	38,8	172,0	208,6	38,7	30,5	12,5	1,24	0,42	0,16	54,0
<b>Z18-121</b>	45,2	165,0	273,0	44,3	30,6	14,0	1,39	0,36	0,15	62,2
<b>Z18-122</b>	<b>56,3</b>	236,8	104,9	<b>52,2</b>	<b>40,8</b>	<b>17,9</b>	<b>1,91</b>	<b>0,69</b>	0,17	<b>141,1</b>
<b>MW</b>	<b>48,3</b>	<b>179,8</b>	<b>171,8</b>	<b>45,3</b>	<b>35,5</b>	<b>15,4</b>	<b>1,45</b>	<b>0,47</b>	<b>0,15</b>	<b>85,4</b>
<b>VB</b>	15,7	79,3	167,9	11,1	11,3	5,3	0,62	0,30	0,03	78,6

Auch bei den Schwermetallen findet man wie bei den übrigen Bodenparametern große Unterschiede innerhalb der Untersuchungen. Die Höhe der Vertrauensbereiche bestätigt die große örtliche Variabilität der Schwermetallbelastung.

Ein Trend im Sinne einer Verlagerung der Schwermetalle entlang des Bachverlaufes ist nicht feststellbar.

<b>PAH</b>
------------

Die Angabe der Summe der PAH's erfolgt in ppb ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ).

<b>Probe</b>	<b>PAH-Summe</b>
<b>Z18-116</b>	31
<b>Z18-117</b>	24
<b>Z18-118</b>	27
<b>Z18-119</b>	23
<b>MW</b>	<b>26</b>
<b>VB</b>	7
<b>VFG 3</b>	<b>21</b>
<b>VB<sub>BZI</sub></b>	4
<b>Z18-120</b>	26
<b>VFG 3-MW</b>	26
<b>Z18-121</b>	23
<b>Z18-122</b>	54
<b>MW</b>	<b>32</b>
<b>VB</b>	29

Die Belastung des Standortes VFG 3 mit PAH's ist sehr gering, sodass sowohl die Einzeluntersuchungen Z18 116-119, als auch die vier Proben entlang der 300 m - Probenahmegerade mit der Mischprobe von VFG 3 innerhalb der großen Schwankungsbreite übereinstimmen. Die Ergebnisse einer punktförmig durchgeführten Einzeluntersuchung sind daher mit jenen der gesamten Weidefläche vergleichbar.

## VFG 9

Der Grünlandstandort VFG 9 repräsentiert eine durch Bergbautätigkeit beeinflusste landwirtschaftliche Nutzfläche (mit Fremdmaterial überlagerte Schlackendeponie der ehemaligen Blei-Silber-Hütte Weitgassau bei Pichl im Ennstal). Der Standort wurde ~1999 anthropogen verändert, indem die Fläche mit Humus von der nahen Reiteralm-Piste überdeckt wurde.

Auch hier wurden vier Zusatzuntersuchungen Z18 88-91 durchgeführt, um die Streuungen am Probenahmekreis, entsprechend den vier Einzelproben, welche normalerweise zu einer Mischprobe vereint werden, statistisch beurteilen zu können.



Untersuchungsergebnisse:

**MW** und **VB** sind der Mittelwert und der Vertrauensbereich der vier Einzeluntersuchungen.

Der Vertrauensbereich **VB<sub>BZI</sub>** ist der aus der Bodenzustandsinventur abgeleitete Mittelwert aller 1000 Standorte in der Steiermark, der über eine Geradengleichung auf die betreffende Konzentration hin korrigiert wurde.

Die Untersuchungsergebnisse der Probe **VFG 9** stammen aus dem Probenahmejahr 2017 (außer Korngrößen und Fluor: 1997).

<b>Allgemeine Bodenparameter</b>
----------------------------------

Angabe der Korngrößen und des Humusgehaltes in %.

<b>Probe</b>	<b>Sand</b>	<b>Schluff</b>	<b>Ton</b>	<b>Humus</b>	<b>pH-Wert</b>
<b>Z18-88</b>	56	36	8	5,2	5,2
<b>Z18-89</b>	55	36	9	4,9	5,3
<b>Z18-90</b>	55	36	9	4,9	5,7
<b>Z18-91</b>	56	35	9	5,5	5,8
<b>MW</b>	<b>56</b>	<b>36</b>	<b>9</b>	<b>5,1</b>	<b>5,5</b>
<b>VB</b>	1	1	1	0,6	0,6
<b>VFG 9</b>	<b>50</b>	<b>40</b>	<b>10</b>	<b>5,4</b>	<b>5,6</b>
<b>VB<sub>BZI</sub></b>	2	3	2	0,8	0,2

Die Übereinstimmung der Gehalte und ihrer Streuungen (VB) ist bei den allgemeinen Bodenparametern sehr gut. Die Einzeluntersuchungen Z18 88-91 stimmen mit der Mischprobe von VFG 9 bis auf einen, durch den Bodenaustausch bedingten, etwas höheren Sandgehalt überein. Die örtliche Variabilität der betrachteten Parameter am Bodenschutzstandort ist gering.

Die Ergebnisse ergeben einen *leichten* Boden mit einem Tongehalt unter 15 %, Humusgehalt und anzustrebender Säuregrad sind *in Ordnung*. Alle untersuchten Bodenproben des Standortes sind kalkfrei.

<b>Nährstoffe</b>
-------------------

Angaben in mg/100g (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, austauschbare Kationen Ca, Mg, K + Na) und mg/kg (Bor, pflanzenverfügbares Cu, Zn, Mn + Fe).

Probe	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaKat	MgKat	KKat	NaKat	Mg	Bor	Cu	Zn	Mn	Fe
<b>Z18-88</b>	4	19	144	25,5	14,47	0,92	23	0,3	10,4	5,1	223	294
<b>Z18-89</b>	2	38	144	25,5	32,85	1,15	21	0,3	8,0	4,3	219	338
<b>Z18-90</b>	3	40	170	29,2	31,28	0,69	24	0,4	10,4	5,8	214	309
<b>Z18-91</b>	3	58	174	30,4	40,28	0,69	28	0,6	8,6	5,6	163	261
<b>MW</b>	<b>3</b>	<b>39</b>	<b>158</b>	<b>27,7</b>	<b>29,72</b>	<b>0,86</b>	<b>24</b>	<b>0,4</b>	<b>9,4</b>	<b>5,2</b>	<b>205</b>	<b>301</b>
<b>VB</b>	2	32	32	5,1	21,80	0,44	6	0,3	2,5	1,3	56	64
<b>VFG 9</b>	<b>3</b>	<b>23</b>	<b>174</b>	<b>28,0</b>	<b>20,72</b>	<b>1,38</b>	<b>23</b>	<b>0,3</b>	<b>8,2</b>	<b>4,6</b>	<b>298</b>	<b>410</b>
<b>VB<sub>BZI</sub></b>	2	8	32	6,3	8,00	0,55	4	0,3	1,7	1,7	56	88

Die vier Einzeluntersuchungen am Probenahmekreis stimmen mit der Mischprobe der Bodenzustandsinventur des Standortes VFG 9 gut überein und belegen die homogene Verteilung der Nährstoffe am Untersuchungsstandort.

<b>Schwermetalle in mg/kg</b>
-------------------------------

<b>Probe</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Pb</b>	<b>Cr</b>	<b>Ni</b>	<b>Co</b>	<b>Mo</b>	<b>Cd</b>	<b>Hg</b>	<b>As</b>
<b>Z18-88</b>	59,4	127,2	70	55,5	49,3	17,3	1,41	0,22	0,11	25,2
<b>Z18-89</b>	40,6	107,6	44,3	58,9	45,9	16,8	0,87	0,18	0,09	31,5
<b>Z18-90</b>	47,3	105,8	74,7	49,1	46,4	16,1	1,02	0,20	0,16	31,5
<b>Z18-91</b>	43,6	105,1	51	46,7	41,9	15,3	1,07	0,21	0,09	30,8
<b>MW</b>	<b>47,7</b>	<b>111,4</b>	<b>60,0</b>	<b>52,6</b>	<b>45,9</b>	<b>16,4</b>	<b>1,09</b>	<b>0,20</b>	<b>0,11</b>	<b>29,7</b>
<b>VB</b>	16,5	21,1	29,3	11,3	6,1	1,7	0,46	0,03	0,07	6,1
<b>VFG 9</b>	<b>45,7</b>	<b>89,2</b>	<b>50,7</b>	<b>52,9</b>	<b>30,1</b>	<b>21,1</b>	<b>1,09</b>	<b>0,18</b>	<b>0,10</b>	<b>28,4</b>
<b>VB<sub>BZI</sub></b>	6,4	11,2	8,8	7,1	3,7	2,4	0,14	0,04	0,40	3,7
<b>VFG 9 (1997)</b>	<b>541,0</b>	<b>328,0</b>	<b>952,0</b>	<b>57,4</b>	<b>68,4</b>	<b>18,2</b>	<b>0,60</b>	<b>0,82</b>	<b>0,49</b>	<b>87,6</b>

Die Schwermetallgehalte sind recht homogen in der Untersuchungsfläche verteilt, ihre örtliche Variabilität verhältnismäßig gering.

Bemerkenswert ist der Unterschied der aktuellen Ergebnisse mit jenen von 1997. Die Schwermetallbelastung bei Cu, Zn, Pb, Cd, Hg und As ist nach dem Bodenaustausch deutlich geringer geworden.

<b>Organische Schadstoffe und Fluor</b>
---

Die Angabe der organischen Schadstoffe erfolgt in ppb ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ), jene des wasserlöslichen Fluors in  $\text{mg}/\text{kg}$ .

<b>Probe</b>	<b>PAH-Summe</b>	<b>Fluor</b>
<b>Z18-88</b>	15	0,06
<b>Z18-89</b>	13	0,07
<b>Z18-90</b>	16	0,10
<b>Z18-91</b>	49	0,09
<b>MW</b>	<b>23</b>	<b>0,08</b>
<b>VB</b>	35	0,04
<b>VFG 9</b>	<b>21</b>	<b>0,20</b>
<b>VB<sub>BZI</sub></b>	4	0,10

Die Belastung des Standortes VFG 9 mit PAH's ist sehr gering, sodass die Ergebnisse der Einzeluntersuchungen gut mit der Mischprobe VFG 9 vergleichbar sind.

Die Belastung mit wasserlöslichem Fluor ist vernachlässigbar gering.

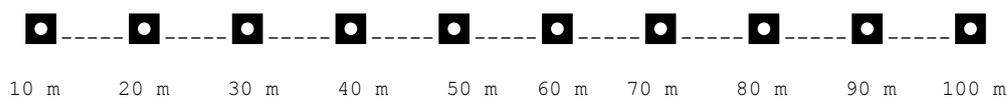
## Projekt zur örtlichen Variabilität der Untersuchungsparameter 1997

1997 wurde erstmals ein Projekt durchgeführt um die örtliche Variabilität der Untersuchungsparameter im Detail zu verfolgen.

Als Testflächen standen ein Maisacker, eine Dauergrünlandfläche und eine Apfelanlage zur Verfügung. Die Bodenproben wurden entsprechend der Bodenzustandsinventur aus folgenden drei Tiefen entnommen:

0-20, 20-50 und 50-70 cm: Acker  
 0- 5, 5-20 und 20-50 cm: Grünland, Sonderkultur Apfel

An den drei Untersuchungsflächen wurden entlang einer 100 m langen Gerade alle 10 m eine Profilgrube gegraben und aus drei Tiefen Bodenproben entnommen:



Grünlandstandort zur Bestimmung der lokalen Variabilität von Bodenparametern.

### Ergebnisse (Oberboden):

Vergleicht man die Ergebnisse der örtlichen (siehe folgende Detailergebnisse) mit jenen der zeitlichen Variabilität (Bodenschutzbericht 2017, Seiten 24 ff.), so erkennt man den wesentlich größeren Einfluss der örtlichen Variabilität. Der jedem Untersuchungsergebnis eigene kombinierte Analysenfehler ist damit in erster Linie von einer sorgsam durchgeführten Probenahme (homogene Mischprobe) abhängig!

Der nachstehende Vergleich der Vertrauensbereiche der Projektergebnisse mit jenen der Bodenzustandsinventur beweist zahlenmäßig die große Schwankung der Gehalte der Untersuchungsparameter innerhalb einer Distanz von nur 100 Metern. Bei den Probenahmen der Bodenzustandsinventur wird innerhalb eines Probenahmekreises von 20 m Durchmesser eine Mischprobe aus vier Einzelproben genommen.

Vergleich der **Vertrauensbereiche** (zweifache Standardabweichung) der auf den Gehalt der Projektwerte korrigierten Schätzwerte der Bodenzustandsinventur (BZI) und jenen des Projekts über die örtliche Variabilität der Untersuchungsparameter:

	<b>BZI-korr.</b>	<b>Grünland</b>
<b>Cu (mg/kg)</b>	3,25	7,01
<b>Zn (mg/kg)</b>	8,47	23,55
<b>Pb (mg/kg)</b>	3,73	7,60
<b>Cr (mg/kg)</b>	4,90	11,66
<b>Ni (mg/kg)</b>	2,81	7,20
<b>Co (mg/kg)</b>	1,58	5,39
<b>Mo (mg/kg)</b>	0,11	0,17
<b>Cd (mg/kg)</b>	0,04	0,04
<b>Hg (mg/kg)</b>	0,05	0,04
<b>As (mg/kg)</b>	1,72	2,69
<b>PAH (µg/kg)</b>	30,16	41,70

	<b>BZI-korr.</b>	<b>Acker</b>
<b>Cu (mg/kg)</b>	3,57	10,97
<b>Zn (mg/kg)</b>	8,67	19,73
<b>Pb (mg/kg)</b>	1,76	1,32
<b>Cr (mg/kg)</b>	5,75	12,27
<b>Ni (mg/kg)</b>	3,46	10,83
<b>Co (mg/kg)</b>	1,68	3,41
<b>Mo (mg/kg)</b>	0,12	0,29
<b>Cd (mg/kg)</b>	0,03	0,04
<b>Hg (mg/kg)</b>	0,05	0,08
<b>As (mg/kg)</b>	1,83	4,96
<b>PAH (µg/kg)</b>	14,33	28,88

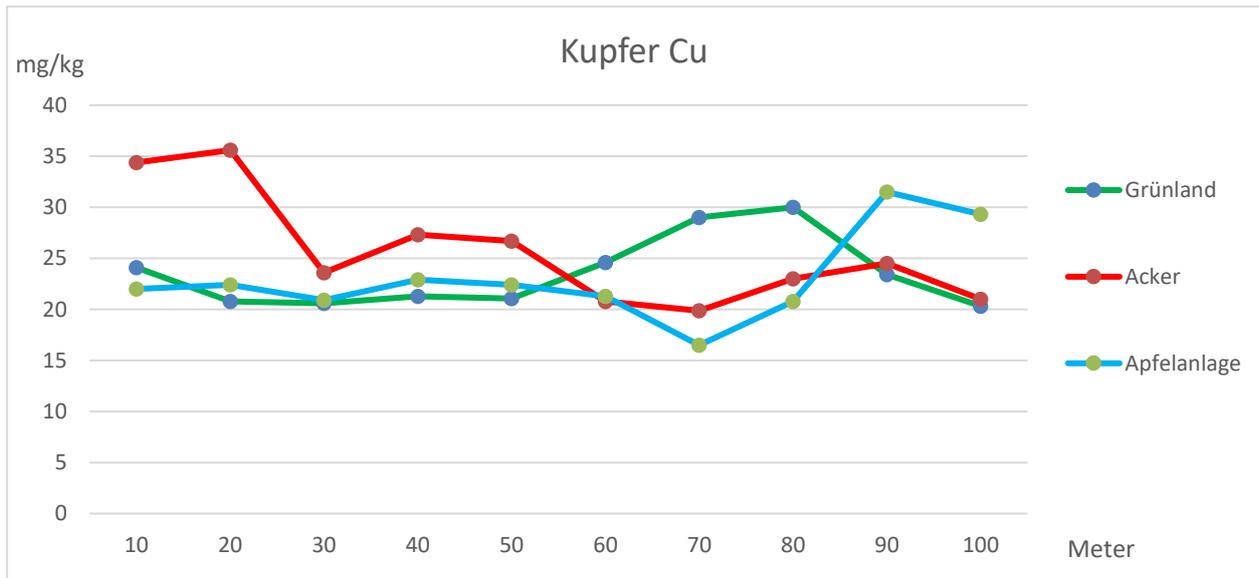
	<b>BZI-korr.</b>	<b>Apfelanlage</b>
<b>Cu (mg/kg)</b>	3,18	8,65
<b>Zn (mg/kg)</b>	7,34	18,04
<b>Pb (mg/kg)</b>	3,04	8,39
<b>Cr (mg/kg)</b>	5,33	6,25
<b>Ni (mg/kg)</b>	2,28	5,88
<b>Co (mg/kg)</b>	1,36	2,95
<b>Mo (mg/kg)</b>	0,09	0,15
<b>Cd (mg/kg)</b>	0,03	0,05
<b>Hg (mg/kg)</b>	0,05	0,10
<b>As (mg/kg)</b>	1,28	3,23
<b>PAH (µg/kg)</b>	250,23	687,93

Bei fast allen Untersuchungsparametern ist unabhängig von der Nutzung der Projektfläche die örtliche Schwankung deutlich größer als bei der punktförmig durchgeführten Bodenzustandsinventur.

## Detailergebnisse des Projektes zur örtlichen Variabilität von Untersuchungsparametern im Oberboden:

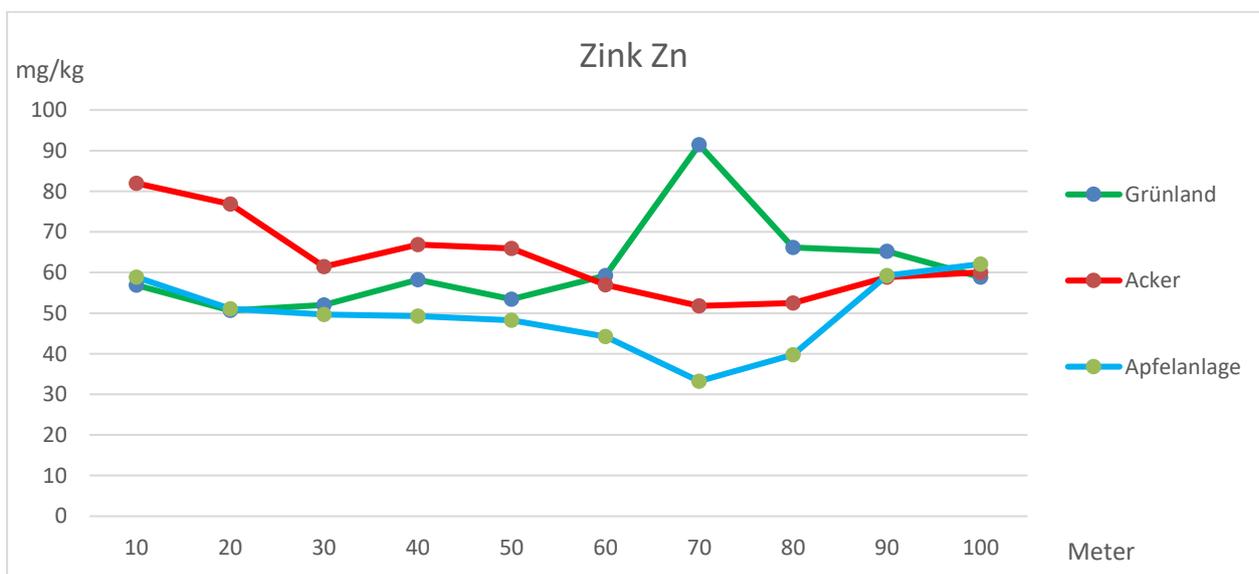
### Cu (mg/kg)

Meter:	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Grünland	24,1	20,8	20,6	21,3	21,1	24,6	29,0	30,0	23,4	20,3
Acker	34,4	35,6	23,6	27,3	26,7	20,8	19,9	23,0	24,5	21,0
Apfelanlage	22,0	22,4	20,9	22,9	22,4	21,3	16,5	20,8	31,5	29,3



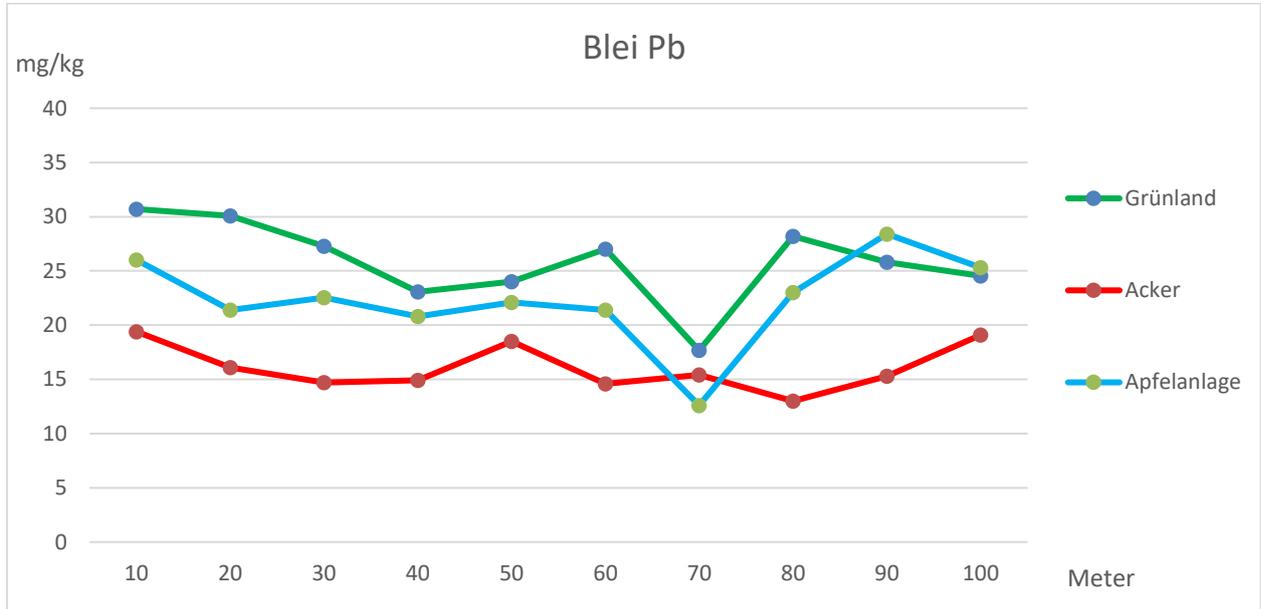
### Zn (mg/kg)

Meter:	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Grünland	56,9	50,6	52,0	58,2	53,4	59,2	91,4	66,2	65,2	58,8
Acker	81,9	76,8	61,4	66,9	65,9	57,0	51,8	52,4	58,8	60,0
Apfelanlage	58,8	51,0	49,6	49,2	48,2	44,2	33,2	39,8	59,3	62,1

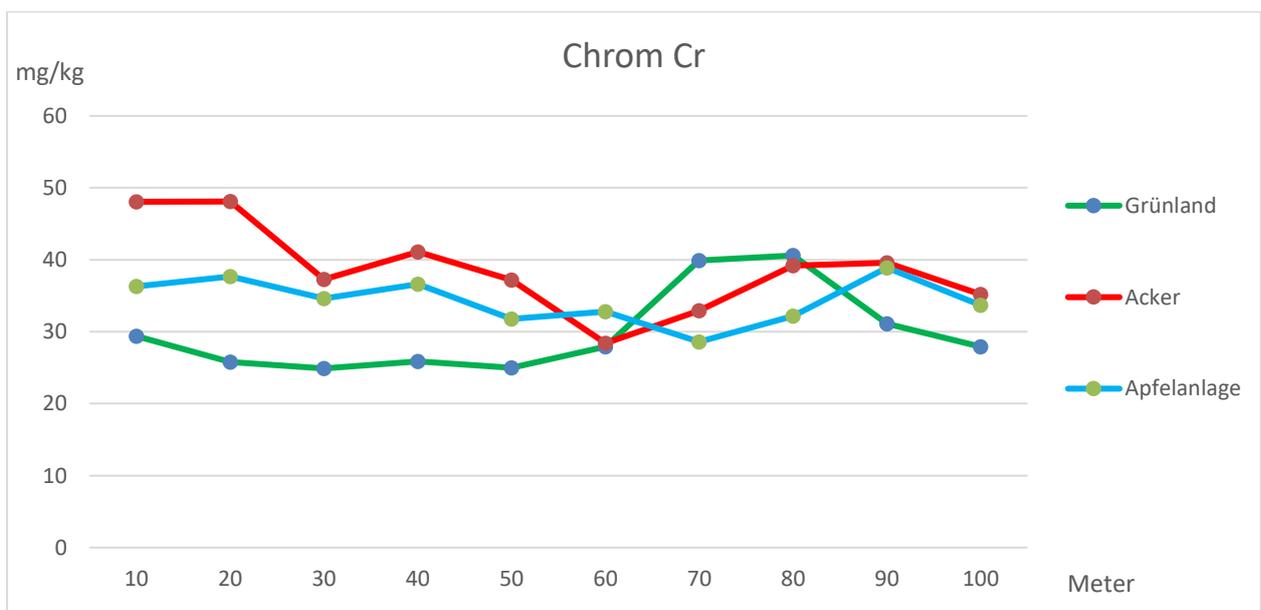


**Pb (mg/kg)**

Meter:	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Grünland	30,7	30,1	27,3	23,1	24,0	27,0	17,7	28,2	25,8	24,5
Acker	19,4	16,1	14,7	14,9	18,5	14,6	15,4	13,0	15,3	19,1
Apfelanlage	26,0	21,4	22,5	20,8	22,1	21,4	12,6	23,0	28,4	25,3

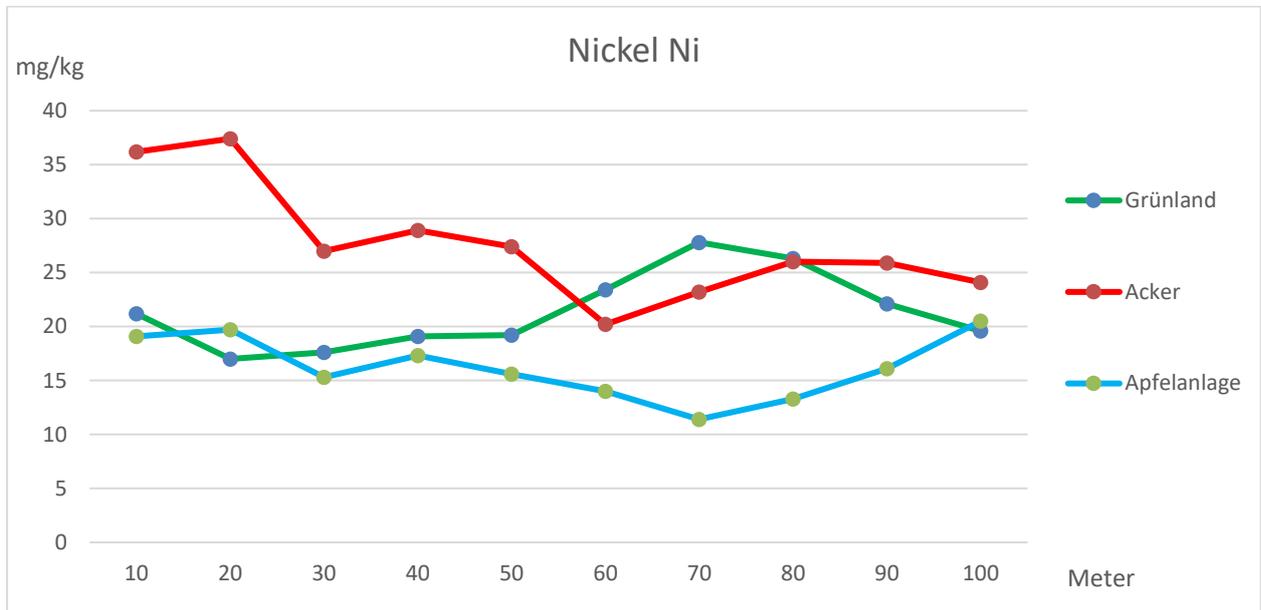
**Cr (mg/kg)**

Meter:	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Grünland	29,4	25,8	24,9	25,9	25,0	27,9	39,9	40,6	31,1	27,9
Acker	48,1	48,1	37,3	41,1	37,2	28,4	32,9	39,2	39,6	35,2
Apfelanlage	36,3	37,7	34,6	36,6	31,8	32,8	28,6	32,2	38,9	33,7

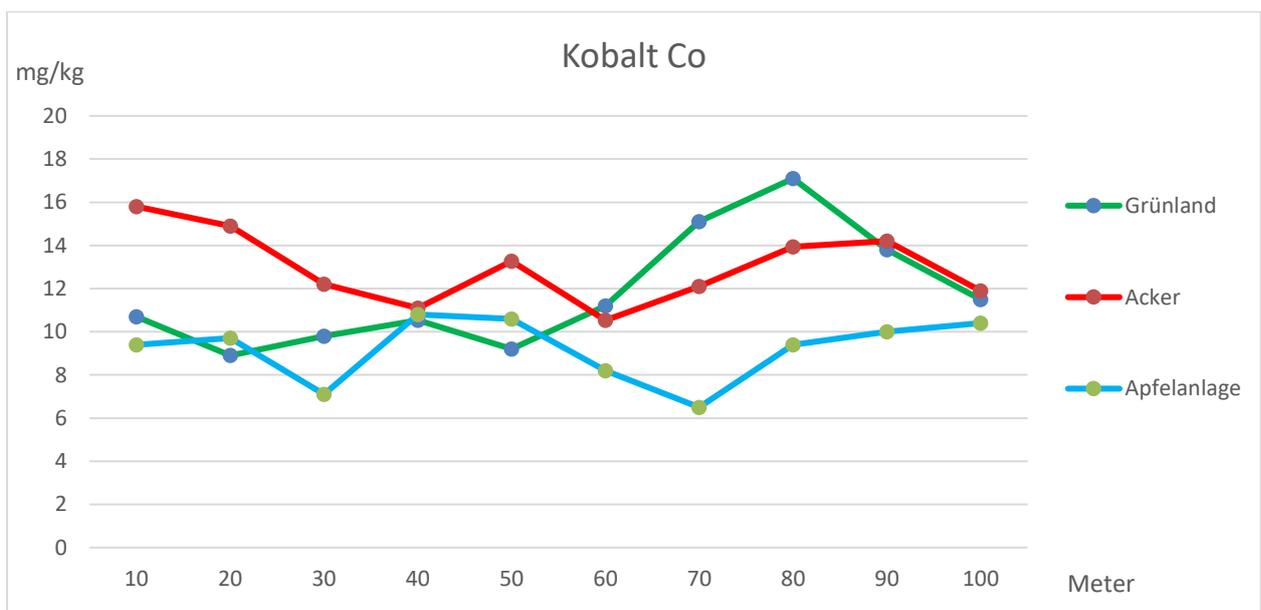


**Ni (mg/kg)**

Meter:	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Grünland	21,2	17,0	17,6	19,1	19,2	23,4	27,8	26,3	22,1	19,6
Acker	36,2	37,4	27,0	28,9	27,4	20,2	23,2	26,0	25,9	24,1
Apfelanlage	19,1	19,7	15,3	17,3	15,6	14,0	11,4	13,3	16,1	20,5

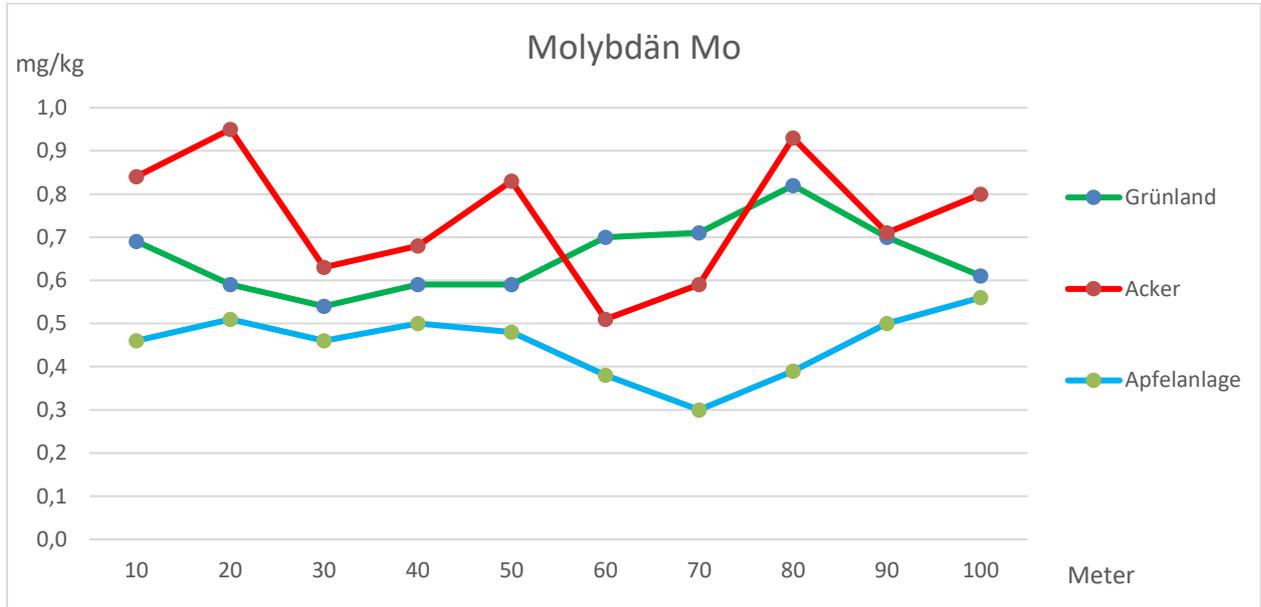
**Co (mg/kg)**

Meter:	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Grünland	10,7	8,9	9,8	10,5	9,2	11,2	15,1	17,1	13,8	11,5
Acker	15,8	14,9	12,2	11,1	13,3	10,5	12,1	13,9	14,2	11,9
Apfelanlage	9,4	9,7	7,1	10,8	10,6	8,2	6,5	9,4	10,0	10,4

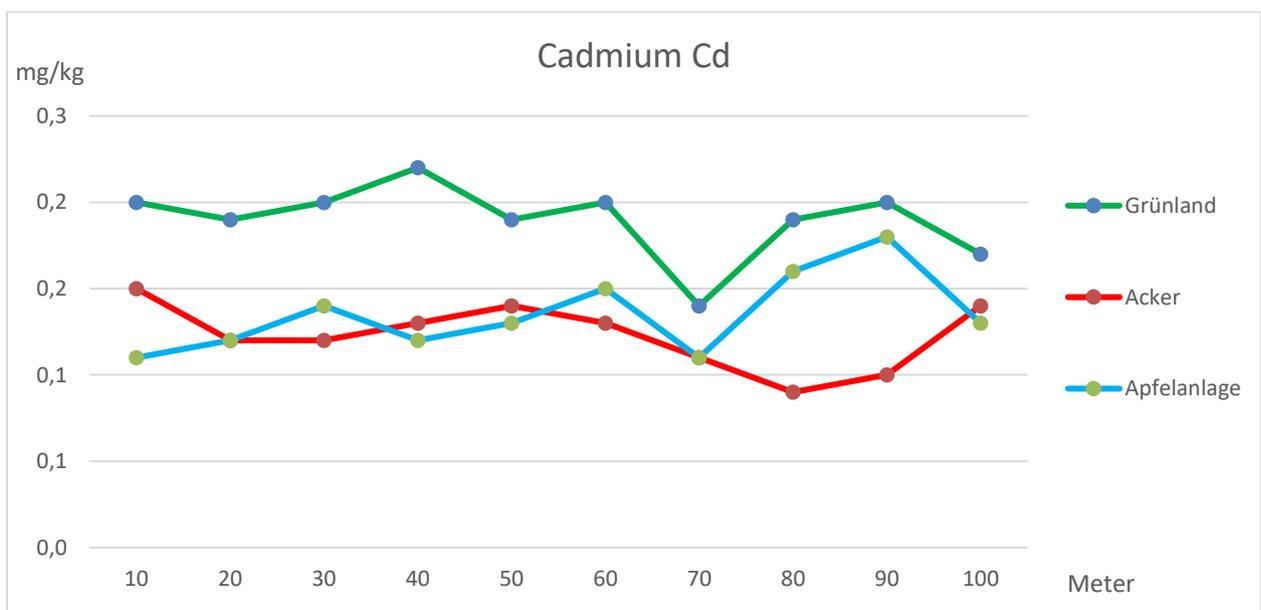


**Mo (mg/kg)**

Meter:	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Grünland	0,69	0,59	0,54	0,59	0,59	0,70	0,71	0,82	0,70	0,61
Acker	0,84	0,95	0,63	0,68	0,83	0,51	0,59	0,93	0,71	0,80
Apfelanlage	0,46	0,51	0,46	0,50	0,48	0,38	0,30	0,39	0,50	0,56

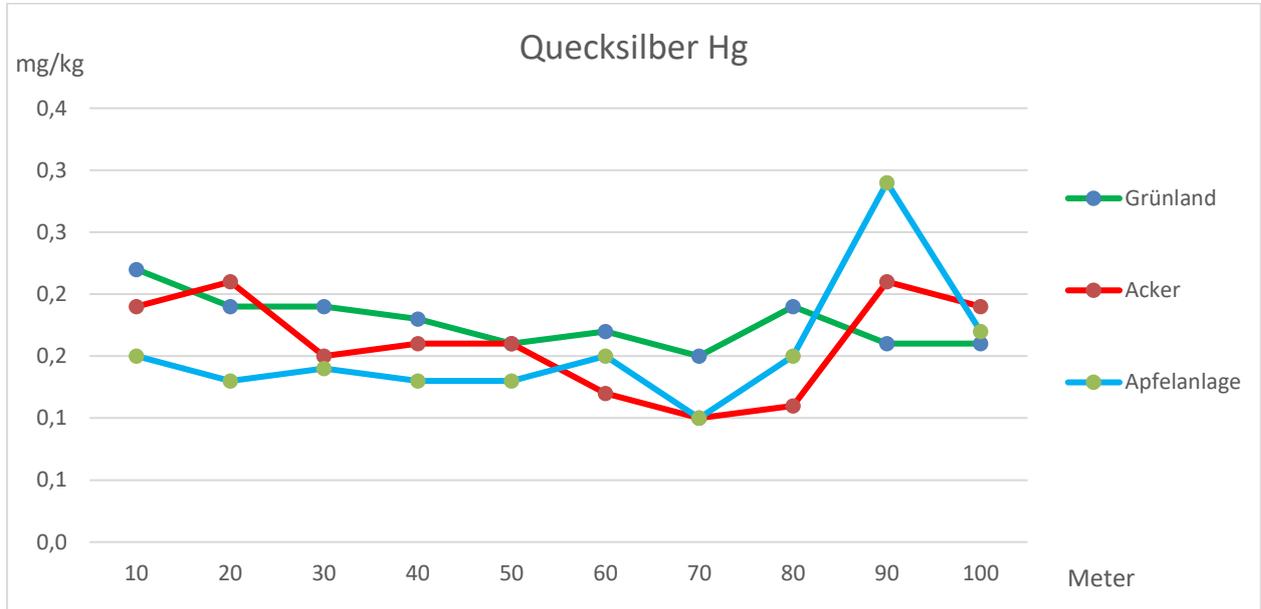
**Cd (mg/kg)**

Meter:	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Grünland	0,20	0,19	0,20	0,22	0,19	0,20	0,14	0,19	0,20	0,17
Acker	0,15	0,12	0,12	0,13	0,14	0,13	0,11	0,09	0,10	0,14
Apfelanlage	0,11	0,12	0,14	0,12	0,13	0,15	0,11	0,16	0,18	0,13

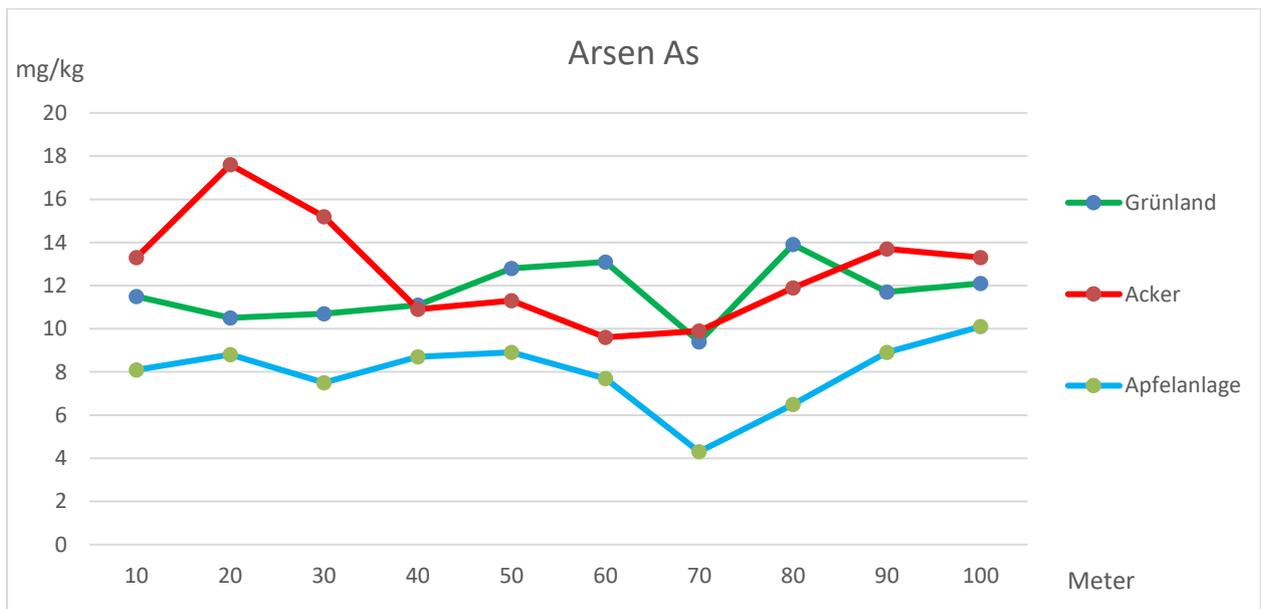


**Hg (mg/kg)**

Meter:	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Grünland	0,22	0,19	0,19	0,18	0,16	0,17	0,15	0,19	0,16	0,16
Acker	0,19	0,21	0,15	0,16	0,16	0,12	0,10	0,11	0,21	0,19
Apfelanlage	0,15	0,13	0,14	0,13	0,13	0,15	0,10	0,15	0,29	0,17

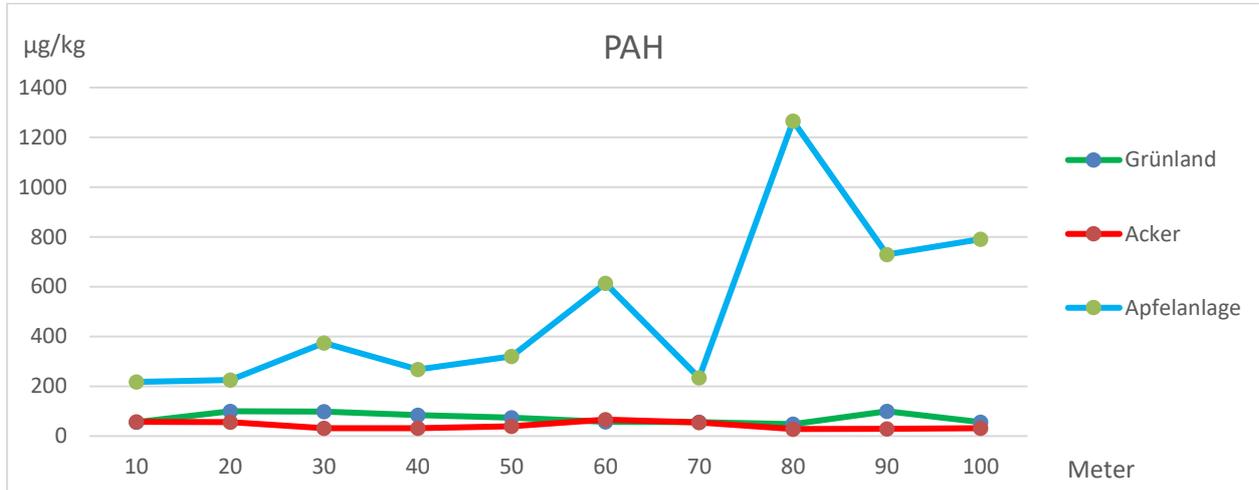
**As (mg/kg)**

Meter:	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Grünland	11,5	10,5	10,7	11,1	12,8	13,1	9,4	13,9	11,7	12,1
Acker	13,3	17,6	15,2	10,9	11,3	9,6	9,9	11,9	13,7	13,3
Apfelanlage	8,1	8,8	7,5	8,7	8,9	7,7	4,3	6,5	8,9	10,1



PAH ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )

Meter:	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Grünland	55	100	98	84	74	58	56	48	99	56
Acker	57	57	32	31	39	66	55	28	29	32
Apfelanlage	217	225	374	267	321	614	234	1266	729	791



Die PAH-Rückstände in der Apfelanlage sind teilweise extrem hoch und inhomogen verteilt (vermutlich alte Kohlereste).



Ackerstandort und Apfelanlage zur Bestimmung der lokalen Variabilität von Bodenparametern.

## Zusammenfassung der Zusatzuntersuchungen zur örtlichen Variabilität

Die Angabe des Vertrauensbereiches erfolgt zur besseren Vergleichbarkeit in % und zeigt das Ausmaß der örtlichen Variabilität der Bodenparameter im Vergleich der durchgeführten Untersuchungsprojekte:

### Allgemeine Bodenparameter und Nährstoffe:

% Vertrauensbereich	Sand	Schluff	Ton	Humus	pH-Wert	P2O5	K2O
<b>BSP (Median)*</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>4</b>	<b>52</b>	<b>37</b>
<b>RAX 10 (Mischprobe)*</b>	5	6	34		4	30	35
<b>RAX 10 (4 Einzelproben)</b>	14	12	-		9	45	82
<b>RAX 10 (Ost)</b>	15	11	-		10	45	44
<b>LIX 25 (Mischprobe)*</b>	4	12	16		6	57	36
<b>LIX 25 (4 Einzelproben)</b>	50	42	78		44	70	42
<b>VFG 3 (Mischprobe)*</b>	4	8	48	16	5	65	45
<b>VFG 3 (4 Einzelproben)</b>	15	35	105		15	127	195
<b>VFG 3 (300 m - Linie)</b>	11	30	104		28	113	203
<b>VFG 9 (Mischprobe)*</b>	5	7	24	16	4	77	36
<b>VFG 9 (4 Einzelproben)</b>	2	3	11		11	54	82
<b>100 m - Linie (Grünland)</b>	34	21	19	22	5	54	81
<b>100 m - Linie (Acker)</b>	48	29	34	22	10	85	30
<b>100 m - Linie (Apfelanlage)</b>	44	39	47	27	5	64	98

% Vertrauensbereich	CaKat	MgKat	KKat	NaKat	Mg	Bor	Cu	Zn	Mn	Fe
<b>BSP (Median)*</b>	<b>16</b>	<b>23</b>	<b>45</b>	<b>42</b>	<b>20</b>	<b>79</b>	<b>19</b>	<b>33</b>	<b>19</b>	<b>24</b>
<b>RAX 10 (Mischprobe)*</b>	15	23	38	94	18	45	21	27	18	26
<b>RAX 10 (4 Einzelproben)</b>	24	25	63	-	14	54	19	37	25	36
<b>RAX 10 (Ost)</b>	32	57	21	-	41	70	23	45	64	33
<b>LIX 25 (Mischprobe)*</b>	27	22	44	51	16	124	15	33	57	23
<b>LIX 25 (4 Einzelproben)</b>	241	221	52	157	154	46	31	17	271	125
<b>VFG 3 (Mischprobe)*</b>	29	24	58	51	30	124	21	31	24	26
<b>VFG 3 (4 Einzelproben)</b>	77	67	179	31	60	46	54	48	60	43
<b>VFG 3 (300 m - Linie)</b>	125	111	239	24	87	40	44	128	70	52
<b>VFG 9 (Mischprobe)*</b>	18	22	39	40	17	93	20	38	19	21
<b>VFG 9 (4 Einzelproben)</b>	21	18	73	51	25	71	26	26	27	21
<b>100 m - Linie (Grünland)</b>	28	28	103	29	23	53	22	64	44	27
<b>100 m - Linie (Acker)</b>	39	36	32	35	30	94	41	52	27	22
<b>100 m - Linie (Apfelanlage)</b>	36	56	141	42	24	33	51	35	56	58

Die größten Streuungen bei der Bestimmung von Bodenparametern findet man bei Untersuchungen von örtlich entfernten Einzelproben, wobei Entfernungen von 10 Metern, wie sie innerhalb des Probenahmekreises im Bodenschutzprogramm auftreten, schon ausreichen. Messungen von Mischproben gleichen die örtliche Variabilität aus und sind zur flächenhaften Beurteilung meist unumgänglich.

Schwermetalle:

<b>% Vertrauensbereich</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Pb</b>	<b>Cr</b>	<b>Ni</b>	<b>Co</b>	<b>Mo</b>	<b>Cd</b>	<b>Hg</b>	<b>As</b>
<b>BSP (Median)*</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>21</b>	<b>31</b>	<b>15</b>
<b>RAX 10 (Mischprobe)*</b>	14	12	17	16	12	14	17	19	28	15
<b>RAX 10 (4 Einzelproben)</b>	15	15	15	12	12	13	4	17	13	10
<b>RAX 10 (Ost)</b>	16	13	8	15	13	14	28	12	56	15
<b>LIX 25 (Mischprobe)*</b>	14	10	19	15	14	16	11	17	37	14
<b>LIX 25 (4 Einzelproben)</b>	52	34	35	17	14	37	32	177	21	56
<b>VFG 3 (Mischprobe)*</b>	14	11	19	14	12	11	12	19	28	12
<b>VFG 3 (4 Einzelproben)</b>	20	63	107	26	30	30	16	40	57	34
<b>VFG 3 (300 m - Linie)</b>	32	44	98	25	32	34	43	63	16	92
<b>VFG 9 (Mischprobe)*</b>	14	13	17	13	12	11	13	22	37	13
<b>VFG 9 (4 Einzelproben)</b>	35	19	49	21	13	11	42	17	59	21
<b>100 m - Linie (Grünland)</b>	30	38	29	39	34	46	26	23	24	23
<b>100 m - Linie (Acker)</b>	43	31	27	32	39	26	39	31	50	39
<b>100 m - Linie (Apfelanlage)</b>	38	36	38	18	36	32	34	34	67	41

Hier liegt der Vertrauensbereich der Bestimmungen und damit die örtlichen Schwankungen zwar meist günstiger als bei den Nährstoffen, Mischproben sind aber trotzdem Einzelbestimmungen immer überlegen.

Organische Schadstoffe und wasserlösliches Fluor:

Die Gruppe der organischen Schadstoffe (PAH, DDT) hat im Vergleich zu anderen Bodenparametern von Natur aus einen größeren Analysenfehler und eine hohe örtliche Variabilität.

Das wasserlösliche Fluor gilt als Indikator für Einträge aus industriellen Prozessen und/oder Düngemitteln. Seine örtliche Variabilität im Boden ist normalerweise ähnlich wie bei den Nährstoffen.

## [Ergebnisse der Bodenzustandsinventur](#)

Die Ergebnisse der Untersuchungen des Bodenschutzprogrammes aller 1.000 Untersuchungsstandorte wurden den betreffenden Grundstückseigentümern bzw. Pächtern schriftlich mitgeteilt.

Die Diskussion bzw. Präsentation der Untersuchungsergebnisse in der Öffentlichkeit wurde durch den jährlich erscheinenden [Bodenschutzbericht](#) gewährleistet, der auch im Internet als pdf-File aufgerufen werden kann.

Die **Internet - Adresse** zu allen Untersuchungsdaten lautet:

**[www.bodenschutz.steiermark.at](http://www.bodenschutz.steiermark.at)**

Die Abfrage von Untersuchungsergebnissen erfolgt folgendermaßen:

1. Den Link „Untersuchungsergebnisse“ oder die Karte anklicken
2. Im neuen Fenster links neben Karte „Bodenschutzprogramm“ ankreuzen
3. Eventuell mit der „+“-Lupe in die Karte hineinzoomen
4. Hotlink-Werkzeug (Symbol „i“) wählen
5. Im neuen Fenster die Abfrage „Bodenschutzpunkte“ auswählen
6. Gewünschten Standort anklicken
7. In der nun erscheinenden Zeile unten „Beurteilung“ wählen
8. Im neuen Fenster der verbalen **Beurteilung** sind auch die bodenkundliche **Profilbeschreibung** und die **Analysedaten** des gewählten Standortes zugänglich.

Weitere vielfältige Informationen zum Thema Umweltschutz in der Steiermark sind im Landes-Umwelt-Informationen-System (LUIS) unter [www.umwelt.steiermark.at](http://www.umwelt.steiermark.at) abrufbar.

## Bodenschutzberichte

Seit dem Jahr **1988** wurde entsprechend der gesetzlichen Vorgabe dem Landtag Steiermark jährlich ein Bodenschutzbericht zur Kenntnis gebracht.

### **Bodenschutzberichte 1988 - 1997:**

Die ersten zehn Jahre der Berichtslegung behandelten den damals aktuellen Stand der Untersuchungen des Bodenschutzprogrammes.

### **Bodenschutzbericht 1998 (Steiermark-Raster):**

Die Ergebnisse der Bodenzustandsinventur im 4x4 km - Raster (392 Standorte). Erste Grundlagen für Beurteilungskriterien (Normalwerte, Analysenfehler).

### **Bodenschutzbericht 1999 (Potentielle Kontaminationsflächen):**

Bodenbelastungen auf Grund von geologischen Besonderheiten und Umwelteinflüssen menschlichen Ursprungs (historischer Bergbau, Industrie, Verkehr, Tontaubenschießplätze).

### **Bodenschutzbericht 2000 (Die Variabilität von Bodenparametern):**

Erste Ergebnisse zur Bodendauerbeobachtung (10-Jahreskontrolle von 109 Nichttrasterstandorten) und Ergebnisse des einjährigen Projektes "Untersuchungen zur zeitlichen und örtlichen Variabilität von Bodenparametern".

### **Bodenschutzberichte 2001 - 2015:**

Bezirksweise Zusammenfassung der Ergebnisse der Bodenzustandsinventur.

**Bodenschutzbericht 2016:** Zusammenfassung des Steiermärkischen landwirtschaftlichen Bodenschutzprogrammes aller 1.000 Untersuchungsstandorte.

**Bodenschutzbericht 2017:** Bodendauerbeobachtung (Konzept).

### Anforderung von Berichten in Papierform (soweit vorhanden):

Frau Mag. Dr. Gertrude Billiani  
Tel.: 0316-877-6651  
E-mail: gertrude.billiani@stmk.gv.at

Alle Bodenschutzberichte ab 1998 sind als pdf-File im Internet unter <http://www.umwelt.steiermark.at/cms/beitrag/10215574/2998692/> zugänglich.

## **Erläuterung der Abkürzungen**

<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	Phosphorpentoxid → Angabeform des Phosphor-Gehaltes
<b>K<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O</b>	Kaliumoxid → Angabeform des Kalium-Gehaltes
<b>Mg</b>	Pflanzenverfügbares Magnesium nach Schachtschabel
<b>Bor</b>	Pflanzenverfügbares Bor nach Baron

**CaKat, MgKat, KKat, NaKat** Austauschbare Kationen Calcium, Magnesium, Kalium und Natrium.

**Nährstoffe Cu, Zn, Mn, Fe** Pflanzenverfügbare Spurennährstoffe Kupfer, Zink, Mangan und Eisen im EDTA-Extrakt.

<b>Cu</b> Kupfer	<b>Ni</b> Nickel	<b>Hg</b> Quecksilber
<b>Zn</b> Zink	<b>Co</b> Kobalt	<b>As</b> Arsen
<b>Pb</b> Blei	<b>Mo</b> Molybdän	
<b>Cr</b> Chrom	<b>Cd</b> Cadmium	

**PAH, PAH's, PAK** Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe  
**PAH-Summe** Summe der Einzelsubstanzen ohne Phenanthren und Anthracen

**ppm** „part per million“, z. B.: mg/kg (Milligramm pro Kilogramm)  
**ppb** „part per billion“, z. B.: µg/kg (Mikrogramm pro Kilogramm)

**MW** Mittelwert  
**VB** Vertrauensbereich (2-fache Standardabweichung)

**BZI** Bodenzustandsinventur (1986 – 2007, 1.000 Standorte)

## **Bildnachweis**



Karten und Luftbildaufnahmen: © GIS-Steiermark

**Fotos:** Dr. Wolfgang Krainer

# **IMPRESSUM**

## **Herausgegeben von:**

Abteilung 10 Land- und Forstwirtschaft  
Abteilungsleiter Mag. Franz Grießer

## **Inhalt:**

A10, Referat Boden- und Pflanzenanalytik  
Mag. Dr. Wolfgang Krainer

## **Druck:**

A2- Zentrale Dienste