

**UMWELTGEOCHEMISCHE
UNTERSUCHUNGEN AN
BERGWERKSHALDEN DER STEIERMARK
(ÖSTERREICH)**

von

Ing. Mag. Andreas KUDJELKA

Andreas Kudjelka

UMWELTGEOCHEMISCHE UNTERSUCHUNGEN
AN BERGWERKSHALDEN
DER STEIERMARK (ÖSTERREICH)

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the Internet at <http://dnb.d-nb.de>.

Dieser Titel ist als Printversion im Buchhandel
oder direkt bei *ibidem* (www.ibidem-verlag.de) zu beziehen unter der

ISBN 978-3-89821-320-X.

∞

ISBN-13: 978-3-8382-5320-6

© *ibidem*-Verlag
Stuttgart 2012

Alle Rechte vorbehalten

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und elektronische Speicherformen sowie die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in or introduced into a retrieval system, or transmitted, in any form, or by any means (electronical, mechanical, photocopying, recording or otherwise) without the prior written permission of the publisher. Any person who does any unauthorized act in relation to this publication may be liable to criminal prosecution and civil claims for damages.

Zusammenfassung

Im Bereich des Arzwaldgrabens und der näheren Umgebung von Rabenstein im Grazer Paläozoikum (Steiermark) wurden bis in die 20-iger Jahre des 20. Jahrhunderts Pb-Zn Erze bergmännisch gefördert. Durch diese Bergwerkstätigkeit entstanden zahlreiche Abraum- und Schlackenhalde. In dieser Studie soll nun der umweltrelevante (geochemische) Einfluss durch jene Erzhalde untersucht werden.

Spurenelemente wie Pb, Zn, Cd etc. kommen aus ökotoxikologischer Sicht eine wichtige Rolle zu. Diese stellen pflanzenphysiologische Gifte dar, die zum Teil bereits in Konzentrationen von einigen ppm hochtoxisch wirken können. In Ökosystemen können Untersuchungen an speziellen Spurenelementen, Aussagen zu deren Transport und Akkumulation innerhalb des Systems Boden/Pflanze geben.

Alle Pflanzen decken ihren Bedarf an Hauptnährelementen (H, C, N, O, P, S, K, Ca, Mg, Fe) aus der Luft und vor allem aus dem Boden. Einerseits werden auch essentielle Spurenelemente (Mn, Zn, Cu, Mo etc.) aus der Bodenlösung aufgenommen, andererseits kann es, durch ein zu großes Angebot dieser, zu physiologischen Schädigungen – bis zum Absterben – kommen. Aus diesem Grund sollten Flächen, auf denen durch anthropogen/geogene Einträge (Erzausbrüche, Bergwerkshalde, ...) mit einer möglicherweise toxischen Fracht zu rechnen ist, entsprechend beobachtet werden; dabei ist auch der Eintrag über die Atmosphäre zu berücksichtigen.

Geländeuntersuchungen

- Geologische Begehungen
- Pedologische Untersuchungen
- Floristische Aufnahmen
- Forstökologische Untersuchungen
- Probennahme

Chemische Analyse der Proben

- pH-Wert, organischer Kohlenstoffgehalt und Karbonatgehalt der Bodenproben
- Gesamtgehalte (Totalaufschlüsse) der Pflanzenproben und Messung der Spurenelemente und dadurch Quantifizierung der Aufnahme von Schadelementen in den Pflanzenkörper
- Gesamtgehalte (Totalaufschlüsse) in Böden und Gesteinen von Hauptnährelementen und Spurenelementen und dadurch chemische Charakterisierung der Böden
- Extraktionen der Bodenproben mit NH_4NO_3 , NH_4OAc , EDTA und DTPA daraus Ermittlung von Pflanzenverfügbarkeit und Mobilität

Die im Haldebereich ermittelten Gesamtgehalte und die Mobilitätsverhältnisse von Blei, Zink und Cadmium stellen eine potentielle Belastung für den sich bildenden Boden dar. Die Daten deuten eher auf eine starke Bindung der Elemente im Boden als auf hohe Bioverfügbarkeit hin, trotzdem erkennt man an den Pflanzenproben, dass es teilweise zur starken Aufnahme von Schwermetallen in diese Pflanzen kommt. Einerseits zeigt der Schwermetallakkumulator *Cardaminopsis halleri* Extremwerte, andererseits sind einige Fichtennadelproben als sehr stark belastet anzusehen.

Die Gehalte im Boden überschreiten die Toxizitätswerte nach EIKMANN-KLOKE für nichtagrarische Ökosysteme zum Großteil deutlich. Da die Probenflächen durchwegs forstwirtschaftlich genutzt werden ist aber ein Eintrag der Schwermetalle in die Nahrungskette über landwirtschaftliche Produkte auszuschließen.

| | |
|--|----|
| Einleitung | 1 |
| 1. Probennahmegebiet | 5 |
| 1.1. Regionale Geologie | 5 |
| 1.1.1. Genese der Blei-Zinklagerstätten im Grazer Paläozoikum | 5 |
| 1.1.2. Petrologie der Beckenentwicklung (Tonschieferfazies) | 6 |
| 1.2. Lagerstättenbeschreibung | 14 |
| 1.2.1. Rabenstein | 14 |
| 1.2.2. Arzwaldgraben | 15 |
| 1.3. Historischer Bergbau | 15 |
| 1.3.1. Rabenstein | 15 |
| 1.3.2. Arzwaldgraben | 17 |
| 1.4. Einbaue/Halden | 19 |
| 1.4.1. Rabenstein | 19 |
| 1.4.2. Arzwaldgraben | 28 |
| 1.5. Böden der Probeflächen | 36 |
| 2. Schwermetallbindungsformen und -mobilität in Böden | 37 |
| 2.1. Mechanismen der Metallbindung in Böden | 37 |
| 2.1.1. Kationenaustausch | 39 |
| 2.1.2. Spezifische Adsorption | 41 |
| 2.1.3. Fällungsreaktionen | 42 |
| 2.1.4. Komplexierung | 43 |
| 2.1.5. Einbau/Okklusion | 44 |
| 2.2. Mobilitätsbeeinflussende Faktoren | 44 |
| 2.2.1. pH-Wert/Puffersysteme | 44 |
| 2.2.2. Schwermetallgesamtgehalt | 46 |
| 2.2.3. Redoxpotential | 47 |
| 2.2.4. Bindungspartner | 47 |
| 2.3. Kurzcharakteristik der relevanter Schwermetalle | 49 |
| 2.3.1. Blei | 50 |
| 2.3.2. Zink | 51 |
| 2.3.3. Cadmium | 52 |
| 3. Schwermetalle in Pflanzen | 53 |
| 3.1. Schwermetalltransfer Boden-Pflanze | 53 |
| 3.2. Pflanzenspezifische Eigenheiten der Schwermetallaufnahme | 54 |
| 3.3. Essentialität und Toxizität von Schwermetallen in der Pflanze | 55 |
| 3.4. Schwermetallböden und Schwermetallpflanzen | 56 |
| 3.5. Metallophyten auf Schwermetallböden | 57 |
| 3.6. Besonderheiten einer Schwermetallpflanze | 58 |
| 3.7. Vegetation der Probenflächen | 60 |

| | |
|--|-----|
| 4. Probennahme/Aufbereitung | 63 |
| 4.1. Pflanzenmaterial | 63 |
| 4.2. Boden | 64 |
| 4.3. Wasser | 65 |
| 5. Analysen | 67 |
| 5.1. Methodik/Instrumentarium | 68 |
| 5.1.1. pH-Wert | 68 |
| 5.1.2. Karbonatgehalt | 68 |
| 5.1.3. Kohlenstoffgehalt | 69 |
| 5.1.4. Säureaufschluß (Mikrowellenaufschluß) | 69 |
| 5.1.5. Extraktionen | 70 |
| 5.1.6. Atomabsorptionsspektroskopie (AAS) | 71 |
| 5.2. Daten | 76 |
| 5.2.1. pH-Wert/Karbonatgehalt | 76 |
| 5.2.2. Kohlenstoffgehalt | 77 |
| 5.2.3. Nährelemente in den Bodenproben | 79 |
| 5.2.4. Schwermetalle in den Bodenproben | 83 |
| 5.2.5. Schwermetalle in den Pflanzenproben | 88 |
| 5.2.6. Schwermetalle in den Wasserproben | 91 |
| 6. Diskussion | 93 |
| 7. Literatur | 96 |
| Anhang | 107 |

Schwermetalle sind natürliche Bestandteile der Ausgangsgesteine und deshalb in unterschiedlichen Konzentrationen sowie Elementverteilungen in allen Böden vorhanden. Lokal und regional können die durchschnittlichen Schwermetallgehalte in Böden und Gesteinen deutlich überschritten werden. In diesen Fällen spricht man von einer Schwermetallanreicherung.

Solche Schwermetallanreicherungen in Böden können auf unterschiedliche Ursachen zurückgeführt werden:

- a) Im Bereich geochemischer Anomalien können Schwermetalle in beträchtlichen Konzentrationen bis zur Abbauwürdigkeit (Lagerstätte) angereichert sein. Der Boden „erbt“ die Schwermetallgehalte des Ausgangsgesteins (*lithogene Schwermetallanreicherung*).
- b) Bodenbildende Prozesse (Verwitterung, Verlehmung, vertikaler oder lateraler Transport) führen zu einer Ab- und Anreicherung von Schwermetallen in den Bodenhorizonten (*pedogene Schwermetallanreicherung*).
- c) Durch vielfältige menschliche Aktivitäten wie z. B. Emissionen bei Erzabbau und -verarbeitung, Verkehr, Siedlungsabfälle etc. werden Schwermetalle aus ihren ursprünglichen Bindungen entfernt, umgewandelt, verbreitet und gelangen schließlich in den Boden (*anthropogene Schwermetallanreicherung*).

In der vorliegenden Studie werden anthropogene Schwermetallanreicherungen betrachtet, die durch die Bergwerkstätigkeit vergangener Jahrhunderte in der Steiermark entstanden sind. In den Arzberg-Schichten des Grazer Paläozoikums existieren Pb-Zn-Vererzungen, die teilweise bergmännisch abgebaut wurden. Hierbei kam es zur Aufschüttung von Bergbauhalden, die erhöhte Schwermetallgehalte in ihren Böden und im Haldenmaterial aufweisen.

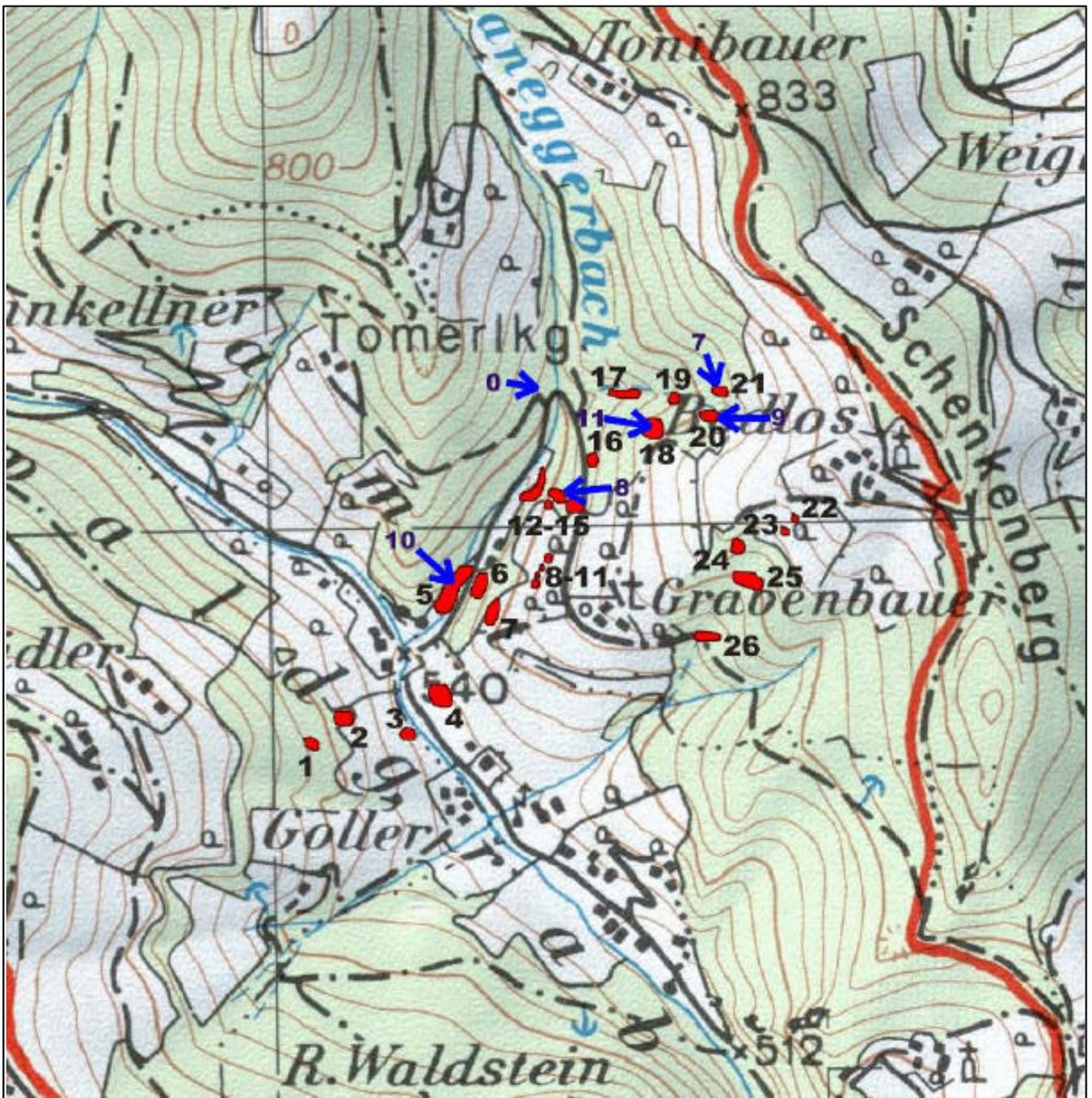
Entscheidend für die Umweltrelevanz dieser lokalen Anreicherungen sind außer hydrogeologischer und geotechnischer Parameter (Haldenform, Schüttdichte, etc.) die Art der Bindung der Schwermetalle und somit ihre Pflanzenverfügbarkeit und Mobilität in den Böden der Halden.

Diese Arbeit betrachtet die Halden der Bergbaureviere Rabenstein und Arzwaldgraben – beide im Gemeindegebiet Frohnleiten (Steiermark) gelegen. Außer der chemischen Analyse werden zur gesamtökologischen Interpretation auch floristische, forstökologische und pedologische Auswertungen heran-

gezogen. Vor allem soll ein Weg der Schwermetalle vom Boden in die Pflanze aufgezeigt werden.



Karte E.1: Probennahmegebiet in der Steiermark (Punkt in der Mitte)

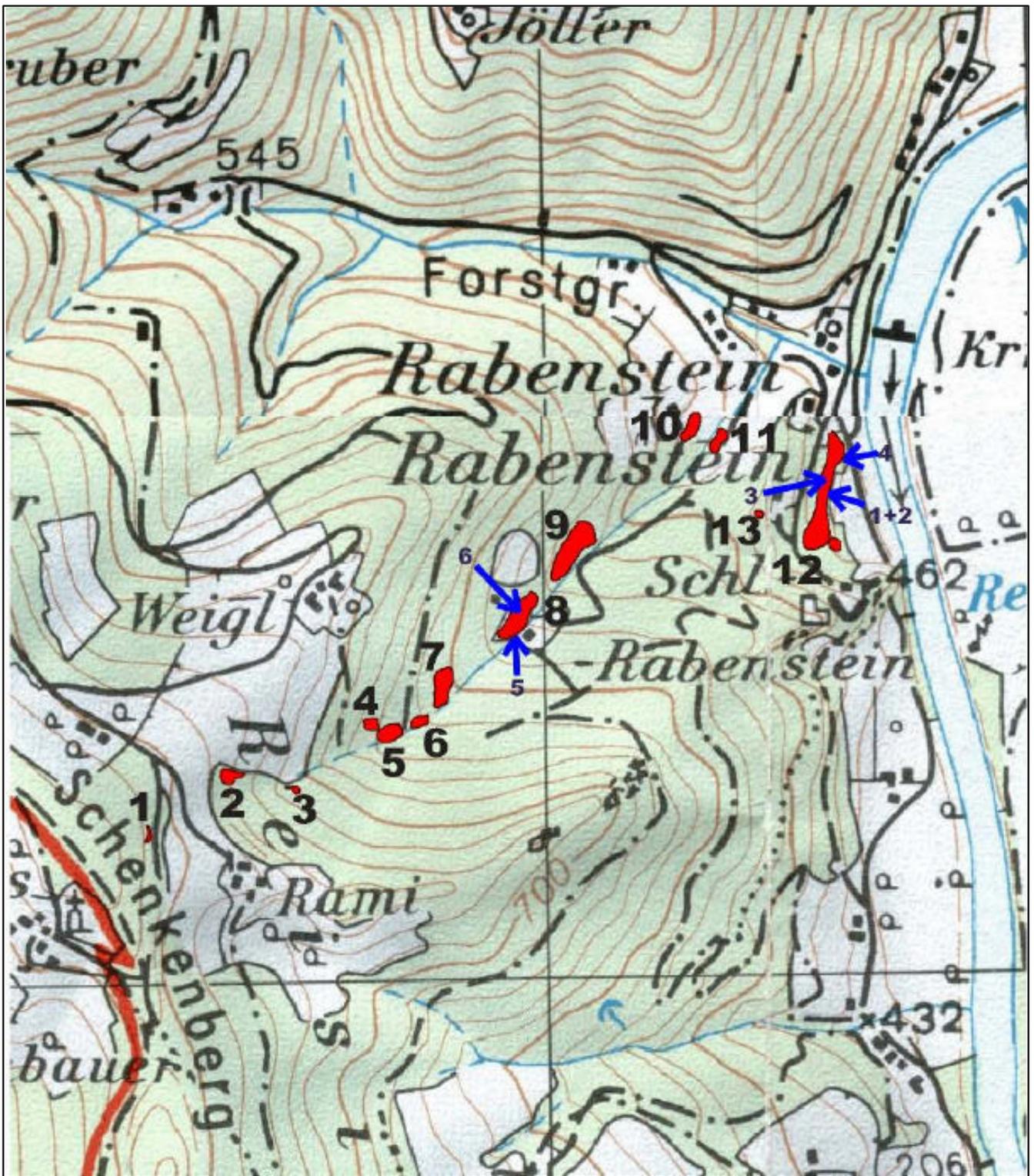


Karte E.2: Arzwaldgraben Revier

dunkelgraue Flächen bezeichnen Haldenbereiche

Ziffern bezeichnen Halden(-nummern) [siehe Anhang]

Pfeile bezeichnen Profile (mit Nummern) [siehe Kapitel 4]



Karte E.3: Rabensteiner Revier

dunkelgraue Flächen bezeichnen Haldenbereiche

Ziffern bezeichnen Halden(-nummern) [siehe Anhang]

Pfeile bezeichnen Profile (mit Nummern) [siehe Kapitel 4]