



## Mineralogisch-mikrochemische Untersuchungen (Mineralphasenanalytik) als unterstützende Tools für die Interpretation (umwelt-)geochemischer Analyseergebnisse

HASSAN NEINAVAI\* & HERBERT PIRKL\*\* & ALBERT SCHEDL\*\*\*

Aufbauend auf den Erfahrungen der Geowissenschaften hat sich im Rahmen von zahlreichen (umwelt-)geochemischen Projekten und Forschungsprogrammen die mineralogisch-mikrochemische Untersuchung (Mineralphasenanalytik) verschiedener Umweltmedien (Flusssedimente, Böden, Humusaufgabe, Haldenproben, Schneeproben, Staubproben u. a.) als flankierende Untersuchungsmethodik zur Charakterisierung und Bewertung von Schwermetallverteilungen etabliert (NEINAVAI & PIRKL, 1996; NEINAVAI et al. 2000; PIRKL & NEINAVAI, 2002). Neben der qualitativen und quantitativen Beschreibung von Spurenelementgehalten in verschiedenen Mineralphasen ermöglicht diese Methodik ein sehr präzise Differenzierung von geogenen und anthropogen/technogen bedingten Schwermetallquellen, was durch konventionelle chemische Analysen allein nicht immer bewerkstelligt werden kann. Die Mineralphasenanalytik wird in Österreich seit 1980 für Zwecke der Rohstoffforschung eingesetzt. Projektmäßig wird sie seit 1993 in enger Kooperation zwischen dem Büro Dr. PIRKL/GEOÖKO und der Geologischer Bundesanstalt umgesetzt. Auf dem spezifischen Gebiet der Feinstaubuntersuchung besteht seit 2000 eine zusätzliche Zusammenarbeit zwischen Geologischer Bundesanstalt und Umweltbundesamt.

Die methodische Vorgehensweise hat sich im Zuge der verschiedenen Forschungsprojekte und den häufig geänderten Fragestellungen kontinuierlich weiterentwickelt und verfeinert. Die relativ aufwendige Beprobungs-, Aufbereitungs- und Präparationstechnik des Probenmaterials (überwiegend magnetische Kornfraktion  $<0,7$  mm) variiert entsprechend den unterschiedlichen Umweltmedien. Die mineralogisch-mikrochemischen Untersuchungen basieren im Wesentlichen auf lichtoptischen Untersuchungen mittels Durchlicht- und Auflichtmikroskopie bzw. auf semiquantitativer/quantitativer Mikroanalytik mittels Mikrosonde/EDAX. Im sektoralen Bereich der Feinstaubuntersuchungen in Zusammenarbeit mit dem Umweltbundesamt werden zusätzlich Struktur- und Form-Untersuchungen sowie Analytik mittels REM bzw. EDX durchgeführt.

Die Erfahrungen aus den bisherigen Anwendungsbereichen zeigen, dass die Methodenkombination Geochemie/Mineralogie in der Umwelt- und Rohstoffforschung routinemäßig einsetzbar ist bei:

- der Ermittlung und Ableitung der tatsächlichen Quellen von Spurenelement- und Schwermetallgehalten im Zuge von geochemischen Anomalieauswertungen,
- der Trennung geogener von anthropogener/technogener Spuren- und Schwermetallverteilungen in verschiedenen Umweltmedien,
- der Beschreibung von Mineralphasen als technogene Emissions-Indikatoren,
- der Unterscheidung von Staubemissionen aus unterschiedlichen Produktionsschritten eines Industriebetriebes und der konkreten Verfolgung der jeweiligen Emissions-/Immissions-Pfade,
- der Unterscheidung von Staubemissionen unterschiedlicher, benachbarter Industrie-/Gewerbebetrieben in Umweltbeweisverfahren,
- der Differenzierung von aktuellen und historischen Belastungen, z. B. an Umweltmonitoring-Messpunkten (BZI, WGEV);
- der geochemischen Charakterisierung von Haldenmaterial und deren Emissionsverhalten und
- der Abschätzung der Verwitterbarkeit schwermetallführender Phasen (Schwermetallaustragsrisiko).

Konkret wurden mineralogisch-mikrochemische Untersuchungsmethoden in Österreich bisher zur Bewertung von Schwermetallanreicherungen bei folgenden Schwerpunktsprojekten/-programmen eingesetzt:

\*) Römerweg 43/Top 2, A- 6372 Oberndorf.  
[neinavaie@a1.net](mailto:neinavaie@a1.net).

\*\*) GeoÖko, Gentszgasse 17/1/6, A-1180 Wien.  
[herbert.pirkl@chello.at](mailto:herbert.pirkl@chello.at).

\*\*\*) Geologische Bundesanstalt, Neulinggasse 38, A 1030 Wien.  
[albert.schedl@geologie.ac.at](mailto:albert.schedl@geologie.ac.at).

Projekte/Inhalte	Untersuchungsziele	Probenmedien
Rohstoffsuche/Prospektion	Charakterisierung von Anomalien, Detailsuche nach Vererzung im Anstehenden	Schwermineralwaschproben Bodenproben Gesteinsproben
Charakterisierung historischer Bergbaugebiete, Bewertung von Bergbauhalden	Detaillbeschreibung der Erze nach Genese und Zusammensetzung; Hinweise auf Stoffflüsse (Austrag von Schwermetallen) über die Beschreibung von Verwitterungsvorgängen	Bodenproben Gesteinsproben
Trennung geogener von anthropogenen Schwermetallverteilungen im Naturraum (Abb. 1) von Bergbauhalden	Konkrete Unterscheidung der Quellen; Trennung oft sich überlagernder, sehr ähnlicher Schwermetallkombinationen	Bachsedimentproben, Bodenproben
Charakterisierung von Emittenten (Abb. 2)	Nachweis und Beschreibung von Emissions-Immissions-Pfaden bei Eisen- und Stahlverhüttung, Metallverarbeitung, kalorischen Kraftwerken, Zement- und Glasproduktion, u.a.	Bodenproben Schneeproben Staubproben von freien Oberflächen
Charakterisierung von Immissionen/aquatisch	Feste Einträge in Gewässer aus Gewerbe und Industrie, sowie Siedlungsgebieten	Fluss-/Bachsedimentproben
Charakterisierung von Immissionen/terrestrisch	Staubeinträge in Ballungsgebieten und/oder Infrastruktureinrichtungen	Staubproben aus Staub-Sammeleinrichtungen

Um die Vielzahl der bereits vorhandenen mineralogisch-mikrochemischer Untersuchungen für zukünftige Nutzungen in strukturierter Form zugänglich zu machen, wurden die bisher analog vorliegenden komplexen Untersuchungsergebnisse in einem digitalen Informations- und Dokumentationssystem für Mineralphasen („Mineralphasen-Atlas“) erfasst (NEINAVAIIE et al., 2008). In der Datenbank finden sich neben Metainformationen zu Projekt und Probepunkt detaillierte Phasenbeschreibungen mit Informationen über analysierte Spurenelementgehalte, Genese (technogen/geogen) sowie eine verknüpften Bilddatei (Schliff- oder Elementverteilungsbilder). Aktuell sind über 300 Einzel-

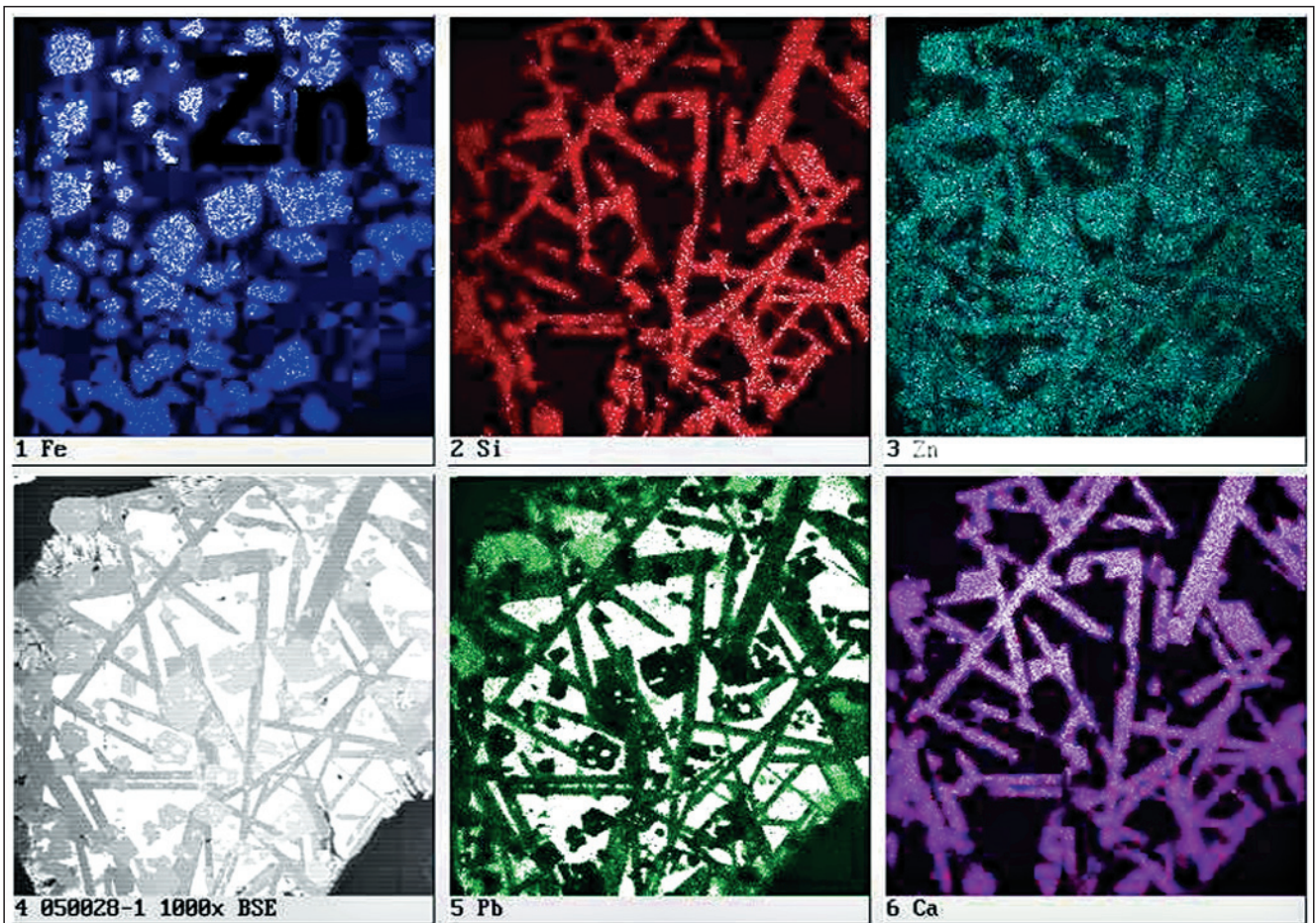


Abb. 1. Elementverteilungsbilder von Eisen, Silizium, Zink, Blei und Calcium in technogener Phase (Blei-Zink-Schlacke); Bachsedimentprobe aus dem Weissenbach/Kärnten

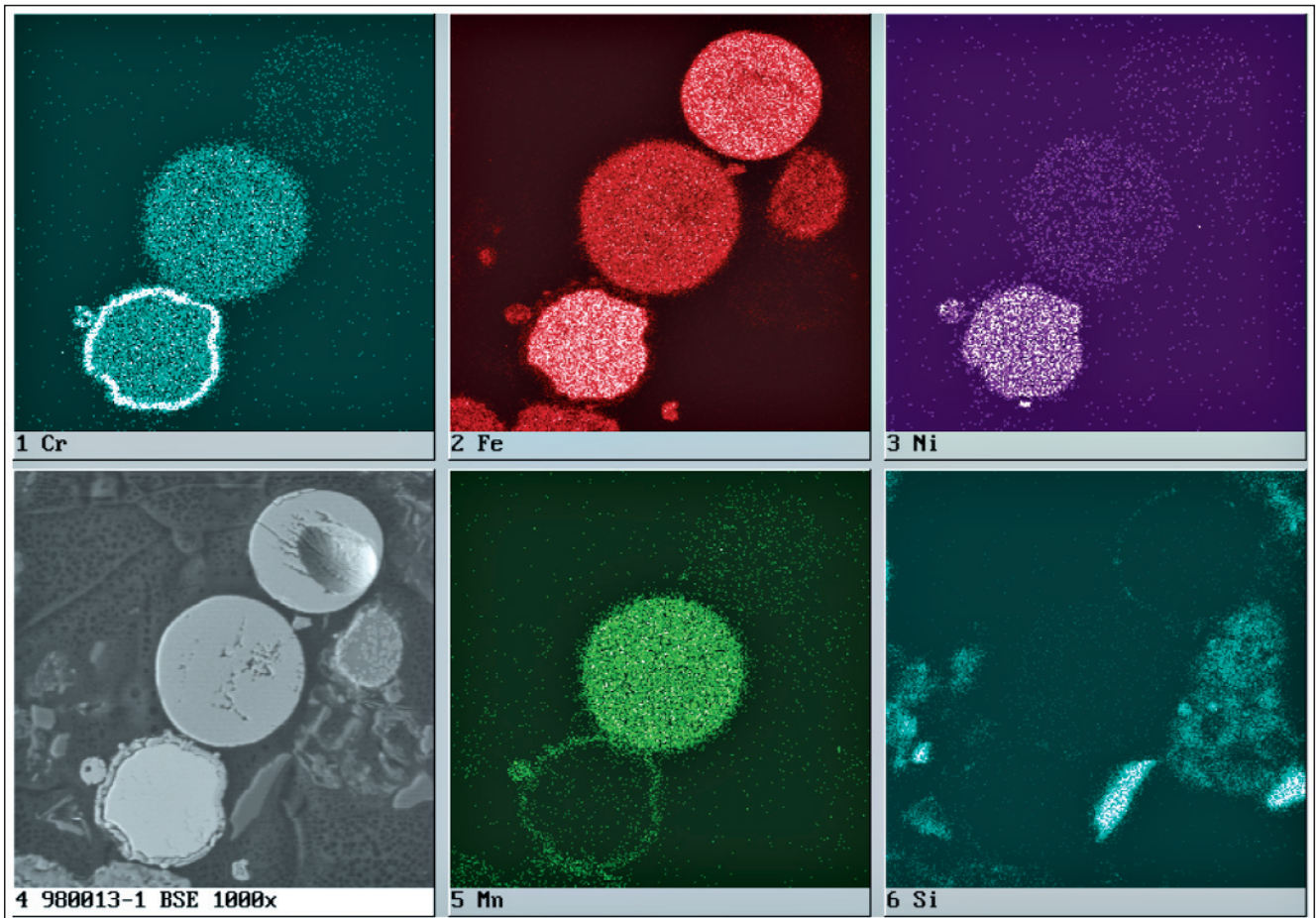


Abb. 2.  
 Beispiel für Staubphase in Bodenprobe aus Nahbereich eines metallverarbeitenden Betriebes bei Ternitz.  
 Elementverteilungen von Cr, Fe, Ni, Mn und Si in (Cr,Ni,Fe)-Legierung, (Fe,Mn,Cr)-Mischoxid (mittlere Kugel) und (Fe,Mn)-Mischoxide.

proben aus 26 Forschungsprojekten mit über 6600 verknüpften Phasen und einer Bilddatei von über 3200 Abbildungen in der Datenbank integriert. Das Dokumentationssystem wird dynamisch fortgeführt und teilweise auch noch durch Einbindung älterer Untersuchungsdaten ergänzt

### Literatur

- NEINAVAI, H. & PIRKL, H.: Bewertung von Schwermetallverteilungen in Böden und Flusssedimenten mit Hilfe angewandter mineralogischer und geostatistischer Werkzeuge. – Berichte Geol. Bundesanstalt, 34, Wien 1996.
- NEINAVAI, H., PIRKL, H., LIPIARSKI, P. & SCHEDL, A.: Dokumentation mineralogisch-mikrochemischer Untersuchungen (Phasenanalysen) in Form eines Mineralphasenatlas – Unterstützende Tools für die Interpretation geochemischer Analyseergebnisse. – Unveröffentl. Bericht, Wien (Geol. B.-A.) 2008
- NEINAVAI, H., PIRKL, H. & TRIMBACHER, C.: Herkunft und Charakteristik von Stäuben. – Berichte Umweltbundesamt, BE-171, Wien 2000
- PIRKL, H. & NEINAVAI, H.: Mineralogisch-geochemische Methoden zur Bewertung der Umweltrelevanz in Staubdepositionen. – Unveröffentl. Bericht GeoÖko, Wien 2002.