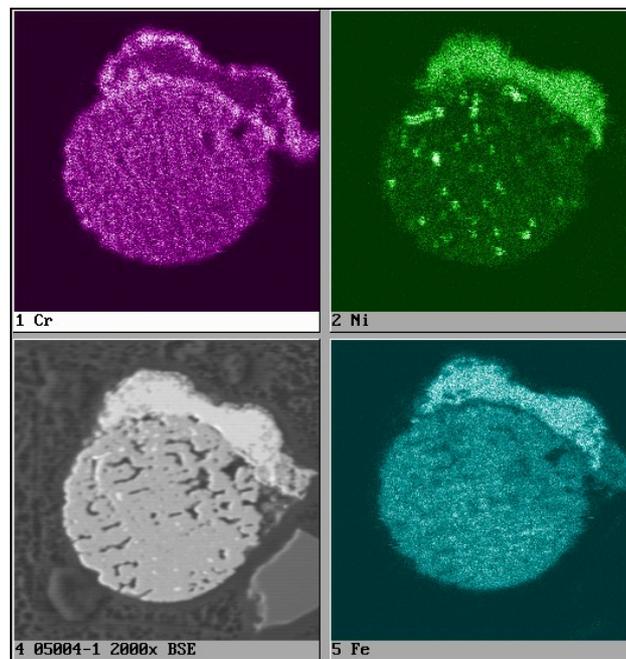




**Geologische Bundesanstalt**

**Dokumentation mineralogisch-mikrochemischer Untersuchungen  
(Phasenanalysen) in Form eines Mineralphasenatlas – Unterstützende  
Tools für die Interpretation geochemischer Analyseergebnisse**

Endbericht  
Projekt Ü-LG-053/2006-2007



von

H. NEINAVAIE, H. PIRKL, P. LIPIARSKI & A. SCHEDL

41 Bl., 34 Abb., 3 Anl. + DVD

Wien, März 2008

Projektleitung:

Albert SCHEDL (GBA)

Mitarbeiter:

Piotr LIPIARSKI (GBA)  
Hassan NEINAVAIE (GBA)  
Herbert PIRKL (GEOÖKO)

Allen Mitarbeitern sei herzlich für die Zusammenarbeit gedankt!

Die Projektdurchführung erfolgte im Rahmen zum Vollzug des Lagerstättengesetzes im Auftrag des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung und des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit.

## Inhalt

<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>iii</b>
1. Ausgangslage, Inhalte und Ziele des Forschungsprojekts .....	1
1.1. Allgemeine Ausgangslage .....	1
1.2. Projektziele .....	2
2. Projektdurchführung und fachlicher Status der Arbeitsmethodik.....	2
2. 1. Arbeitsschritte und Projektdurchführung .....	2
2. 2. Konkrete mineralogisch-mikrochemische Arbeitsmethodik .....	2
3. Struktur und Inhalt der Datenbank.....	3
3. 1. Aufbau der Datenbank.....	19
3. 2. In der Datenbank erfasste Fachinhalte.....	19
3. 3. Interpretationshilfen und Handbücher .....	19
3. 4. Nicht in der Datenbank erfasste Informationen .....	19
4. Beispiels- und Querschnittsauswertungen der Datenbankinhalte .....	24
4. 1. Spurenelementgehalte in geogenen Phasen .....	19
4. 2. Charakterisierung von Haldenmaterial .....	19
4. 3. Mineralphasen als technogene Emissions-Indikatoren .....	19
4. 4. Unterscheidung geogener und anthropogener Schwermetallquellen.....	19
5. Fotodokumentation und Mineralphasenatlas.....	30
6. Berichte und Publikationen.....	31

## Anhang:

1 Beispiel - Berichtsausdruck Probe 910890 (NW Althofen – Bodengeochemie Krappfeld)

2 Beispiel - Berichtsausdruck Probe 980031 (Brunnalm – Screening und Bewertung von ehemaligen Bergbau – und Hüttenstandorten)

3 Beispiel - Berichtsausdruck Probe 010034 (Alpach/Brixlegg – Mineralogisch-geochemische Methoden zur Bewertung der Umweltrelevanz von Schwermetallen in Staubdepositionen)

## Zusammenfassung

Im Rahmen von zahlreichen (umwelt-)geochemischen Projekten und Forschungsprogrammen hat sich die mineralogisch-mikrochemische Untersuchung (Mineralphasenanalytik) verschiedener Umweltmedien (Flusssedimente, Böden, Humusaufgabe, Haldenproben, Schnee-  
proben u. a.) als flankierende Untersuchungsmethodik etabliert. Neben der qualitativen und quantitativen Beschreibung von Spurenelementgehalten in verschiedenen Mineralphasen ermöglicht diese Methodik eine sehr präzise Differenzierung von geogenen und anthropogen/technogen bedingten Schwermetallquellen.

Aus den letzten 25 Jahren liegt eine Vielzahl begleitender mineralogisch-mikrochemischer Untersuchungen vor, deren Ergebnisse nur zum Teil in Berichtsform oder zumeist nur in analoger Form dokumentiert sind. Das gegenständliche Projekt verfolgt daher als primäre Zielsetzung die strukturierte Erfassung, Erschließung und Dokumentation aller zum Teil verstreut vorliegenden und bis dato nicht zugänglichen Untersuchungsergebnisse in einer komplex aufgebauten Mineralphasen-Datenbank. Die Datenbank verknüpft dabei Meta-Informationsebene inklusive Probepunktdateien mit den Probandaten sowie den Phasenbeschreibungen. Die Eingabe der jeweiligen Daten erfolgt auf Basis einer benutzerfreundlichen MS Access<sup>®</sup>-Applikation. Mit den jeweiligen Mineralphasenangaben sind auch Informationen über analysierte Spurenelementgehalte, Genese (technogen/geogen) sowie vorhandener Schluff- oder Elementverteilungsbilder verknüpfbar. Die Informationen zu jeder Probe können für Dokumentationszwecke über ein spezielles Berichtsformular zusammen mit einem Indexprint der verknüpften Abbildungen ausgedruckt werden.

Aktuell sind 289 Einzelproben aus 24 Forschungsprojekten mit über 6600 verknüpften Phasen und einer Bilddatei von über 3200 Abbildungen in der Datenbank integriert.

Die Fülle an Fachinformationen erschließt sich aus der Datenbank erst durch gezielte Querabfragen, die anhand folgender Einsatzbereiche diskutiert werden

- Spurenelementgehalte in geogenen Phasen zur Anomalieauswertung
- Geochemische Charakterisierung von Haldenmaterial
- Beschreibung von Mineralphasen als technogene Emissions-Indikatoren
- Unterscheidung geogener und anthropogener Schwermetallquellen

Das digitale Informations- und Dokumentationssystem für Mineralphasen erschließt die komplexen Detailergebnisse erstmals einem breiteren Nutzerkreis. Die Inhalte der Mineralphasen-Datenbank erweitern dabei die Informationsbasis über Spurenelementverteilungen für vielfältige Anwendungszwecke (geochemische Kartierung, Rohstoffprospektion, verschiedene Monitoringprogramme u.a.). Als dynamisch konzipiertes Dokumentationssystem sollen in der Mineralphasen-Datenbank laufend neue Untersuchungsergebnisse integriert bzw. anlassbezogen einige ältere Untersuchungen nachgeführt werden.

## Zusammenfassung

Im Rahmen von zahlreichen (umwelt-)geochemischen Projekten und Forschungsprogrammen hat sich die mineralogisch-mikrochemische Untersuchung (Mineralphasenanalytik) verschiedener Umweltmedien (Flusssedimente, Böden, Humusaufgabe, Haldenproben, Schnee-  
proben u. a.) als flankierende Untersuchungsmethodik etabliert. Neben der qualitativen und quantitativen Beschreibung von Spurenelementgehalten in verschiedenen Mineralphasen ermöglicht diese Methodik eine sehr präzise Differenzierung von geogenen und anthropogen/technogen bedingten Schwermetallquellen.

Aus den letzten 25 Jahren liegt eine Vielzahl begleitender mineralogisch-mikrochemischer Untersuchungen vor, deren Ergebnisse nur zum Teil in Berichtsform oder zumeist nur in analoger Form dokumentiert sind. Das gegenständliche Projekt verfolgt daher als primäre Zielsetzung die strukturierte Erfassung, Erschließung und Dokumentation aller zum Teil verstreut vorliegenden und bis dato nicht zugänglichen Untersuchungsergebnisse in einer komplex aufgebauten Mineralphasen-Datenbank. Die Datenbank verknüpft dabei Meta-Informationsebene inklusive Probepunktdateien mit den Probandaten sowie den Phasenbeschreibungen. Die Eingabe der jeweiligen Daten erfolgt auf Basis einer benutzerfreundlichen MS Access<sup>®</sup>-Applikation. Mit den jeweiligen Mineralphasenangaben sind auch Informationen über analysierte Spurenelementgehalte, Genese (technogen/geogen) sowie vorhandener Schluff- oder Elementverteilungsbilder verknüpfbar. Die Informationen zu jeder Probe können für Dokumentationszwecke über ein spezielles Berichtsformular zusammen mit einem Indexprint der verknüpften Abbildungen ausgedruckt werden.

Aktuell sind 289 Einzelproben aus 24 Forschungsprojekten mit über 6600 verknüpften Phasen und einer Bilddatei von über 3200 Abbildungen in der Datenbank integriert.

Die Fülle an Fachinformationen erschließt sich aus der Datenbank erst durch gezielte Querabfragen, die anhand folgender Einsatzbereiche diskutiert werden

- Spurenelementgehalte in geogenen Phasen zur Anomalieauswertung
- Geochemische Charakterisierung von Haldenmaterial
- Beschreibung von Mineralphasen als technogene Emissions-Indikatoren
- Unterscheidung geogener und anthropogener Schwermetallquellen

Das digitale Informations- und Dokumentationssystem für Mineralphasen erschließt die komplexen Detailergebnisse erstmals einem breiteren Nutzerkreis. Die Inhalte der Mineralphasen-Datenbank erweitern dabei die Informationsbasis über Spurenelementverteilungen für vielfältige Anwendungszwecke (geochemische Kartierung, Rohstoffprospektion, verschiedene Monitoringprogramme u.a.). Als dynamisch konzipiertes Dokumentationssystem sollen in der Mineralphasen-Datenbank laufend neue Untersuchungsergebnisse integriert bzw. anlassbezogen einige ältere Untersuchungen nachgeführt werden.

## Zusammenfassung

Im Rahmen von zahlreichen (umwelt-)geochemischen Projekten und Forschungsprogrammen hat sich die mineralogisch-mikrochemische Untersuchung (Mineralphasenanalytik) verschiedener Umweltmedien (Flusssedimente, Böden, Humusaufgabe, Haldenproben, Schnee-  
proben u. a.) als flankierende Untersuchungsmethodik etabliert. Neben der qualitativen und quantitativen Beschreibung von Spurenelementgehalten in verschiedenen Mineralphasen ermöglicht diese Methodik eine sehr präzise Differenzierung von geogenen und anthropogen/technogen bedingten Schwermetallquellen.

Aus den letzten 25 Jahren liegt eine Vielzahl begleitender mineralogisch-mikrochemischer Untersuchungen vor, deren Ergebnisse nur zum Teil in Berichtsform oder zumeist nur in analoger Form dokumentiert sind. Das gegenständliche Projekt verfolgt daher als primäre Zielsetzung die strukturierte Erfassung, Erschließung und Dokumentation aller zum Teil verstreut vorliegenden und bis dato nicht zugänglichen Untersuchungsergebnisse in einer komplex aufgebauten Mineralphasen-Datenbank. Die Datenbank verknüpft dabei Meta-Informationsebene inklusive Probepunktdateien mit den Probandaten sowie den Phasenbeschreibungen. Die Eingabe der jeweiligen Daten erfolgt auf Basis einer benutzerfreundlichen MS Access<sup>®</sup>-Applikation. Mit den jeweiligen Mineralphasenangaben sind auch Informationen über analysierte Spurenelementgehalte, Genese (technogen/geogen) sowie vorhandener Schluff- oder Elementverteilungsbilder verknüpfbar. Die Informationen zu jeder Probe können für Dokumentationszwecke über ein spezielles Berichtsformular zusammen mit einem Indexprint der verknüpften Abbildungen ausgedruckt werden.

Aktuell sind 289 Einzelproben aus 24 Forschungsprojekten mit über 6600 verknüpften Phasen und einer Bilddatei von über 3200 Abbildungen in der Datenbank integriert.

Die Fülle an Fachinformationen erschließt sich aus der Datenbank erst durch gezielte Querabfragen, die anhand folgender Einsatzbereiche diskutiert werden

- Spurenelementgehalte in geogenen Phasen zur Anomalieauswertung
- Geochemische Charakterisierung von Haldenmaterial
- Beschreibung von Mineralphasen als technogene Emissions-Indikatoren
- Unterscheidung geogener und anthropogener Schwermetallquellen

Das digitale Informations- und Dokumentationssystem für Mineralphasen erschließt die komplexen Detailergebnisse erstmals einem breiteren Nutzerkreis. Die Inhalte der Mineralphasen-Datenbank erweitern dabei die Informationsbasis über Spurenelementverteilungen für vielfältige Anwendungszwecke (geochemische Kartierung, Rohstoffprospektion, verschiedene Monitoringprogramme u.a.). Als dynamisch konzipiertes Dokumentationssystem sollen in der Mineralphasen-Datenbank laufend neue Untersuchungsergebnisse integriert bzw. anlassbezogen einige ältere Untersuchungen nachgeführt werden.

## 1. Ausgangslage, Inhalte und Ziele des Forschungsprojekts

### 1.1 Allgemeine Ausgangslage

Die systematische geochemische Landesaufnahme in Österreich startete 1978 mit den bundesweiten Beprobungen zum Geochemischen Atlas. Diese Beprobung und Analytik der Bachsedimente war von Beginn an konzeptiv auf die gezielte Suche nach mineralischen Rohstoffen ausgelegt. Aufgabe des begleitenden Forschungsprogramms war es dann, die durch die geochemischen Analysen angetroffenen „Anomalien“ bestimmter Elemente näher zu untersuchen und zu bewerten. Dies geschah hauptsächlich durch detaillierte Beprobung von Bachsedimenten bzw. anstehenden Gesteinen und anschließender mineralogischer Untersuchungen. Dabei wurden die tatsächlichen Ursachen und Quellen der jeweiligen Indikatorelemente (je nach Zielrohstoff) gesucht und vielfach auch nachgewiesen. Es stellte sich dabei aber auch heraus, dass es allein mit chemischen Analysen nicht immer möglich war, die tatsächlichen Quellen der gesuchten Spuren- und Schwermetalle eindeutig zu identifizieren. Aus diesem Grund wurden flankierend dazu systematisch mineralogische Untersuchungen an Gesteins-, Bachsediment- (Schwerminerale) und Bodenproben eingesetzt.

Im Laufe dieser Projektarbeiten entwickelte sich aus diesem Methodenmix eine konzise Arbeitsmethodik, die auch für unterschiedliche Probenmedien (Bachsediment-, Schwermineral-, Bodenproben und Gesteinsproben) und unterschiedliche Fragestellungen die Arbeitsschritte - Aufbereitung, Durchlicht- und Auflichtmikroskopie, sowie Mikrosondeneinsatz - vereinheitlichte. Mit dieser Methode ist es möglich, jede spurenelementführende (Mineral-)Phase zu beschreiben und ihren jeweiligen Spurenelementgehalt qualitativ und quantitativ zu bestimmen. Damit können die jeweiligen (geogenen) Quellen oder (anthropogenen) Verursacher von Schwermetallen im Detail erfasst werden.

Diese Differenzierung der möglichen Schwermetallquellen ist im Hinblick auf den gezielten Einsatz geochemischer Untersuchungsmethoden in der Rohstoffprospektion durchaus von Bedeutung, da schon bei den ersten Untersuchungen für den geochemischen Atlas abseits großer Siedlungsgebiete immer wieder auch (Mineral-)Phasen gefunden wurden, die nicht geogenen Ursprungs waren. Durch die ergänzende Mineralphasenanalytik konnte darüber hinaus auch die theoretisch bekannte Tatsache, dass Spurenelemente im Gitter von bestimmten Mineralen eingebaut sein können, mehrfach in der Praxis nachgewiesen werden (NEINAVAIE 1987, 1988, 1990). Im Zuge der Wolfram –(Scheelit-) Prospektion wurde beispielsweise immer wieder festgestellt, dass die W-Analytik sich nicht automatisch auf Scheelitvorkommen rückbeziehen ließ. Mittels mineralogisch-phasenanalytischer Untersuchungen konnte nachgewiesen werden, dass in häufig auftretenden akzessorischen Mineralen (wie z.B. Rutil, Ilmenit u. a.) verbreitet Spurenelementgehalte (W, Mo, Cu, Zn, Pb) bis in Prozentziffern eingebaut sind. Das gleiche gilt aber auch für gesteinsbildende Mineralen, wie Amphibole oder Chlorite. Gittereinbau von Spurenelementen ist in der mineralogischen Literatur hinlänglich bekannt, die Häufigkeit und regionale Verbreitung dieses spezifischen Anomalie-Phänomens beim Probenmedium Bachsedimente war bei der Auswertung der Geochemiedaten doch etwas überraschend.

Ab etwa 1993, mit der Durchführung des Projekts „Beschreibung des Bodenzustands im Krappfeld...“ wurde diese Arbeitsmethodik gezielt und systematisch zur Charakterisierung und Bewertung von Schwermetallverteilungen in Böden und Flusssedimenten eingesetzt. Da mit den Methoden der mineralogischen Phasenansprache und –analytik sowohl Gehalte wie Bindungsformen der jeweiligen lithogenen Spurenelementquellen definiert werden, können über die Kenntnis des Verwitterungsverhaltens (in Abhängigkeit von den spezifischen Milieuparametern) Schlüsse auf die Mobilität oder Mobilisierbarkeit gezogen werden. Im Ge-

gensatz zu z.B. Ni-Cr-Gehalten in leicht verwitterbaren Sulfiden werden Ni-Gehalte in Chloriten nur verzögert in den Verwitterungskreislauf freigesetzt. Diese Unterscheidung kann rein aus den analytischen Daten des Gesamt- oder Königswasseraufschlusses nicht getroffen werden und wird sonst meist auf Basis aufwendiger Teilextraktionen vorgenommen. Zur flankierenden Interpretationen bodengeochemischer Daten im Zuge von Bodenzustandsbewertungen hat sich diese methodische Vorgangsweise schon in mehreren Gebieten Österreichs sehr gut bewährt (PIRKL & NEINAVAIE 1996, PIRKL 2003).

Seit 2004 wurde sie als begleitende Standarduntersuchungsmethode für die umweltgeochemische Untersuchung von Fluss- und Bachsedimenten in Vorarlberg und Kärnten verwendet. Bei dem 2007 gestarteten Projekt „Umweltgeochemie Steiermark“ wurden 20 Schwermineralproben gezogen, die derzeit noch untersucht werden.

Parallel zu dieser Weiterentwicklung und Methodenverfeinerung in geowissenschaftlichen und pedologischen Forschungsprojekten wurden diese methodischen Erfahrungen auch gezielt bei einem breiten Spektrum umweltrelevanten Fragestellungen und Problemen im Bereich bestimmter Industrieanlagen, zur Altlastenbewertung oder zur Quellzuordnung von staubförmigen Immissionen eingesetzt.

Bis heute liegen somit zahlreiche Projekte vor, in denen sowohl geogen bedingte als auch anthropogen bedingte Schwermetallverteilungen mit Hilfe mineralogisch-mikrochemischer Untersuchungen bearbeitet wurden.

Zusammenfassend wurde diese Methodik bisher bei folgenden Schwerpunktsprojekten eingesetzt:

Projekte/Inhalte	Untersuchungsziele	Probenmedien
Rohstoffsuche/Prospektion	Charakterisierung von Anomalien, Detailsuche nach Vererzung im Anstehenden	Schwermineralwaschproben, Bodenproben, Gesteinsproben
Charakterisierung historischer Bergbaugebiete, Bewertung von Bergbauhalden	Detailbeschreibung 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	Konkrete Unterscheidung der Quellen; Trennung oft sich überlagernder, sehr ähnlicher Schwermetallkombinationen	Bachsedimentproben, Bodenproben
Charakterisierung von Emittenten	Nachweis und Beschreibung von Emissions-Immissions-Pfaden bei Eisen- und Stahlverhüttung, Metallverarbeitung, kalorischen Kraftwerken, Zement- und Glasproduktion, u.a.	Bodenproben, Schnee- proben, Staubproben von freien Oberflächen
Charakterisierung von Immissionen / aquatisch	feste Einträge in Gewässer aus Gewerbe und Industrie, sowie Siedlungsgebieten	Fluss-/Bachsedimente
Charakterisierung von Immissionen / terrestrisch	Staubeinträge in Ballungsgebieten und/oder Infrastruktureinrichtungen	Staubproben aus Staubsammleinrichtungen

Aus allen diesen Bearbeitungen liegt neben den zahlreichen mineralogisch-mikrochemischen Untersuchungsergebnissen ein umfangreiches, bisher nicht vollständig erfasstes Material aus Schliffen, Schliffbeschreibungen, Schlifffotos und Rückstellproben vor.

## 1.2 Projektziele

Im Rahmen von verschiedenen Rohstoff- und Umweltgeochemieprojekten wurden in den letzten 25 Jahren eine Vielzahl begleitender mineralogisch-mikrochemischer Untersuchungen durchgeführt, deren Ergebnisse nur zum Teil in Berichtsform oder zumeist nur in analoger Form dokumentiert sind. Im Sinne einer gezielten Aufbereitung von komplexen Untersuchungsergebnissen aus vergangenen Projekten und begleitender Dokumentation von aktuellen Projekten verfolgt das aus VLG-Mitteln finanzierte und im Jahr 2006 begonnene Projekt „Dokumentation mineralogisch-mikrochemischer Untersuchungen (Phasenanalysen) in Form eines Mineralphasenatlas – Unterstützende Tools für die Interpretation geochemischer Analyseergebnisse“ folgende primäre Zielsetzungen:

- Strukturierte Erfassung und Dokumentation aller zum Teil verstreut vorliegender und bis jetzt nicht zugänglicher Materialien mineralogisch-mikrochemischer Untersuchungen
- Erschließung der Detailergebnisse für einen breiteren Nutzerkreis
- Einheitliche Dokumentation aller bisher untersuchten (geogenen) Anomalien
- Einheitliche Dokumentation aller bisher untersuchten (anthropogenen) Emissionsquellen
- Erarbeitung einer breiten Interpretationsbasis für Spurenelementverteilungen im Naturraum für verschiedenste Anwendungszwecke (z.B. Interpretation von Monitoringprogrammen)
- Schaffung einer Basis für die zukünftige raschere und einheitlichere Dokumentation aller vergleichbaren Studien
- Schaffung einer Basis für den Wissenstransfer an jüngere Mitarbeiter

Das Projekt in der konzipierten Form bietet als digitales Informations- und Dokumentationssystem für Mineralphasen eine Reihe von Querverbindungen zu anderen laufenden Projektvorhaben und hat darüber hinaus Bezug auch zu übergeordneten Zielsetzungen. In diesem Sinne versteht sich das gegenständliche Datenbankprojekt auch als

- Wichtige Ergänzung zur geochemischen Kartierung des Bundesgebietes
- Beitrag zur ergänzenden mineralogisch-geochemischen Charakteristik von Lagerstätten/Vorkommen mineralischer Rohstoffe im Bundesgebiet
- Inhaltliche Ergänzung zum Bergbau-/Haldenkataster und anderen Rohstoffdatenbanken
- Integraler Bestandteil einer übergeordneten Geochemie-Datenbankstruktur innerhalb der GBA
- Wichtiges Interpretationswerkzeug für alle umweltgeochemischen Projekte und Monitoringprogramme

## 2. Projektdurchführung und fachlicher Status der Arbeitsmethodik

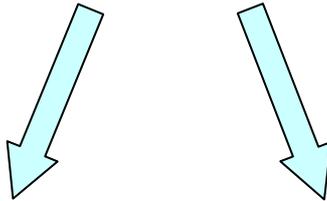
### 2.1 Arbeitsschritte und Projektdurchführung

Zur Erfassung und Erschließung aller bisher vorliegenden Materialien aus mineralogisch-mikrochemischen Untersuchungen wurde folgende grundsätzliche Vorgangsstruktur gewählt:

1.

Sichtung, Ordnung und Zusammenführung der vorliegenden, umfangreichen Unterlagen- und Ergebnismaterialien, wie

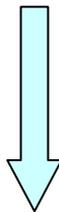
- Rückstellproben
- Schliffmaterial
- Materialien zur Schliffauswertung
- Zeichnungen und Skizzen
- Fotos (analog, digital)
- Auswertungstabellen
- Berichte, Publikationen



2.

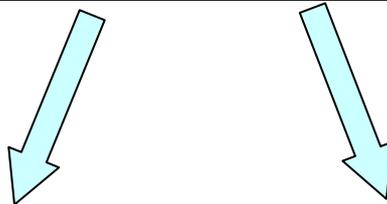
Erstellung einer Datenbank für • geogene Phasen      • technogene Phasen	Aufbau einer physischen Materialsammlung für Restprobenmaterial, Schliffe, Fotonegative und CD's
---	--

↔  
Verknüpfung über Suchkriterien



3.

Entwicklung eines digitalen Handbuches



„Phasenatlas“ (digitales Fotohandbuch)	Lexikalische Verknüpfung der (Mineral-) Phasen mit Spurenelementen Mit Suchmöglichkeiten nach a. Elementen b. (Mineral-) Phasen
---	--

Tab. 1: Übersicht zu den Projektarbeitsschritten bei Projektplanung

Bei der Vorstrukturierung der in Punkt 1 der obigen Tabelle definierten Arbeitsschritte wurde eine Prioritätenliste der vorrangig aufzuarbeitenden Projekte erstellt. In einem ersten Arbeitsschritt wurden sämtliche Unterlagen jener Projekte bevorzugt zusammengeführt, die aus begleitenden Arbeiten für Rohstoffprojekte sowie Bachsedimentgeochemieprojekte stammten. Das betrifft sowohl bereits abgeschlossene als auch aktuell noch in Bearbeitung stehende Projekte in Salzburg, Tirol, Vorarlberg und Kärnten. Der Großteil der Untersuchungsergebnisse für das Bundesland Steiermark wurde im 2. Projektjahr - begleitend zum Projekt „Umweltgeochemie Steiermark“ - erfasst und systematisch in die Datenbank eingegeben. Um die Effizienz der Datenakquisition zu erhöhen, wurden in einem ersten Eingabeschritt Projektergebnisse bevorzugt, bei denen die Dokumentation der Untersuchungsergebnisse bereits in digitaler Form vorlag. Analoge Berichts- und Ergebnisdokumentationen wurden in einem zweiten Schritt eingescannt und sukzessive in die Datenbank übernommen. Der Datenbankaufbau ist dabei ein dynamischer Prozess; laufend werden weitere Projektdaten erfasst, sowohl rückarbeitend als auch aus laufenden Forschungsvorhaben.

Der Aufbau einer physischen Materialsammlung für Restprobenmaterial, Schliffe, Fotonegative und digitale Fotos in den Archivräumen der GBA musste zeitlich zurückgestellt werden, da das Material augenblicklich noch extern für Projektzwecke in Verwendung steht. Nach Abschluss der 2. Projektjahres soll aber diese Sammlung physisch in den Sammlungen der GBA integriert werden und durch ein Archiv-/Standortregister erschlossen werden.

## 2.2 Konkrete mineralogisch-mikrochemische Arbeitsmethodik

Zum besseren Verständnis der spezifischen Arbeitsmethodik, die für die spezifisch entwickelten mineralogisch-mikrochemische Untersuchungen angewandt wird, soll im Folgenden ein kurzer Methodenüberblick gegeben werden. Aufbauend auf den Erfahrungen zahlreicher Projekte entwickelte sich in den letzten 15 Jahren ein komplexes Arbeitsschema (Abb. 1) für die Mineralphasenanalytik, das bis dato bei verschiedenen Probenmedien eingesetzt wurde (NEINAVAIE & PIRKL, 1996).

Neben Bachsediment- und Bodenproben wurden im Laufe der Zeit auch Material von Bergbau- und Hüttenhalden, technogene Stäube (z.B. Filterrückstände aus diversen Luftmonitoringprogrammen) und Staubrückstände aus Schneeproben nach diesem einheitlichen Aufbereitungs-, Präparations- und Untersuchungsschema untersucht. Die Aufbereitung und Präparation des Probenmaterials variiert entsprechend der unterschiedlichen Probenmedien. Boden- und Bachsedimentproben erfordern dabei einen sehr hohen Beprobungs-, Aufbereitungs- und Präparationsaufwand. Die methodische Vorgangsweise für diese Untersuchung orientiert am Beispiel der Bachsedimente im Routinebetrieb an folgenden (spezifischen) Arbeitsschritten:

### *Probenahme:*

- Die Ausgangsmenge für Bachsediment-Schwermineral-Proben beträgt ca. 20 kg.
- Mittels Sieben und Anreicherung mit der Pfanne wird am Probepunkt bis auf ca. 10–2 dag verjüngt.

### *Aufbereitung und Präparation:*

- Trocknung aller Proben im Trockenschrank bei max. 60 Grad, wenn notwendig
- Siebung von organischem Material im Labor auf <2 mm; Behandlung mit H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>
- Siebung aller anorganischen Proben im Labor auf <0,7 mm
- Teilen/Vierteln aller Proben in Untersuchungs- und Rückstellproben

- Trennung aller Proben nach spezifischem Gewicht in Fraktionen  $\sigma > 2,98$  und  $\sigma < 2,98$  mittels Schwereflüssigkeit
- Trennung aller Proben in magnetische und nichtmagnetische Fraktionen

Präparation aller Proben und Herstellung von Dünnschliffen, polierten Dünnschliffen und An-schliffen

*Mineralogische Untersuchung:*

- visuelle Durchsicht aller Proben mittels Binokular
- lichtoptische und mikrochemische Untersuchungen (mit Auflicht- und Durchlichtmikroskop) – Identifizierung der Phasen
- Mikrosonden- und elektronenmikroskopische Untersuchungen einschließlich Phasen-Analytik mittels EDAX-Zusammensetzung der Phasen und Spurenelementgehalte

*Interpretation und Dokumentation:*

- Auflistung aller bestimmten (Mineral-)Phasen einschließlich Beschreibung der jeweiligen Spurenelementgehalte
- Zuordnung aller Phasen als geogen oder technogen
- Ableitung der jeweiligen Quellen der Schwermetallgehalte
- Abschätzung der Verwitterbarkeit schwermetallführender Phasen (Schwermetallaustragsrisiko)

In den meisten Fällen werden an den jeweiligen Probepunkten nicht nur mineralogische Untersuchungen vorgenommen, sondern werden auch geochemische Analysen entweder am gleichen Probenmaterial oder an weiteren Probemedien im direkten Umfeld ausgeführt. Die mineralogischen Untersuchungen dienen in den meisten Fällen zur Interpretation geochemischer Analysen der jeweiligen Probemedien.

Die sachliche Verknüpfung kann dabei entweder über die jeweiligen Forschungs-Projekte erfolgen oder über die Lagebeziehung (Koordinaten). Die gegenständliche Datenbank ist Teil einer übergeordneten Geochemie-Datenbankstruktur innerhalb der Geologischen Bundesanstalt. Der hauptsächlich verbindende Parameter zwischen den Einzeldatenbanken ist dabei die Metadatenbeschreibung der jeweiligen Forschungsprojekte oder Arbeitsaufträge („Meta-ID“). Die konkrete EDV-technische Verknüpfung erfolgt aktuell mit den Datenbanken Bachsedimentgeochemie, Gesteinsgeochemie und Bodengeochemie.

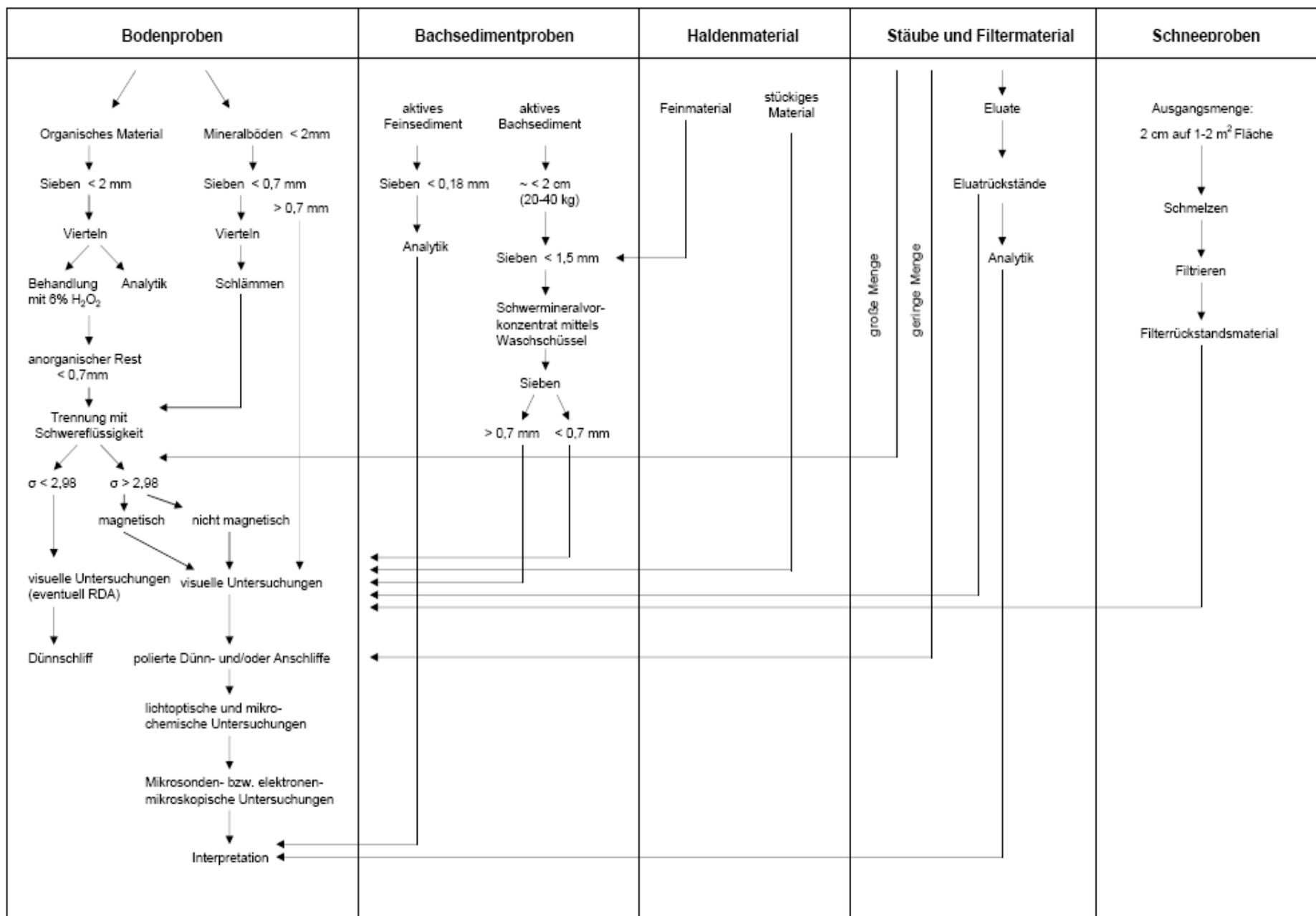


Abb. 1: Aufbereitungs-, Präparations- und Untersuchungsgang für mineralogische Phasenanalysen unterschiedlicher Probenmedien (modifiziert nach NEINAVAIE & PIRKL, 1996)

### 3. Struktur und Inhalt der Datenbank

#### 3.1 Aufbau der Datenbank

Die Datenanalyse vorhandener Berichte mit Mikrophasen-Analysenergebnissen und zahlreichen Abbildungen (Fotos und Diagramme) hat zu einer relativ komplizierten Datenbankstruktur mit mehreren Tabellen geführt.

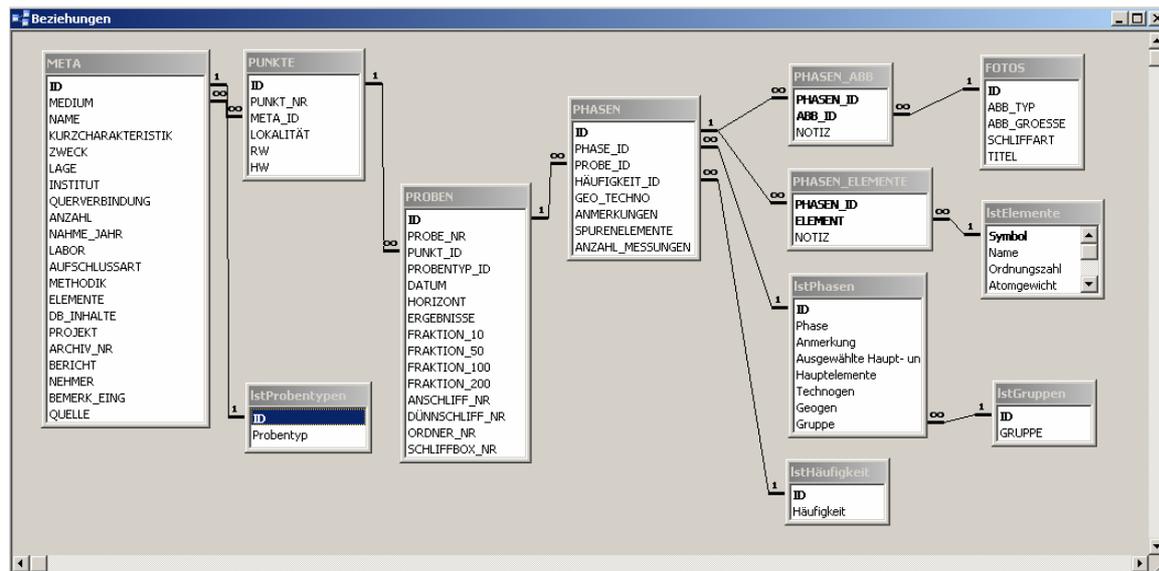


Abb. 2: Datenbankstruktur „Mineralphasen“.

Jede Literaturquelle, in der die Analysenergebnisse publiziert worden sind, wurde zuerst in eine Meta-Informationstabelle eingetragen. Das sind hauptsächlich Berichte, in welchen unter anderem mehrere Proben entnommen und auf Mikrophasen untersucht worden sind. Diese Probenahmepunkte werden samt Koordinaten in einer „PUNKTE“-Tabelle gespeichert. Zu einem Punkt gehören eine oder mehrere Proben. Die allgemeine Beschreibung der Proben samt Probenahmedatum, Horizont, Ergebnissen, Fraktion, Schliif-Nummern (je nach Probenotyp) befindet sich in der Tabelle „PROBEN“. Zu jeder Probe gibt es eine oder mehrere Phasen. Alle Mikrophasen (momentan sind es über 400 Phasen oder Minerale) sind einer der 6 Hauptgruppen zugeordnet; verknüpft sind diese mit Zusatzinformationen über Hauptelementgehalte, Häufigkeit sowie zu ihrer Genese (Attribute geogen oder technogen).

ID	Mikrophasen-Gruppe
1	Metalle, Legierungen
2	Oxide, Hydroxide
3	Sulfide, Sulfate
4	Silikate
5	Sonstige
6	Typische technogene Bestandteile

Tab. 2: Liste der Mikrophasen-Gruppen.

Jeder Mikrophase werden dann die chemische Zusammensetzung und diverse Abbildungen (Schlifffotos, Diagramme) zugeordnet.

### Applikation

Die Applikation zur Eingabe von Analysen und Phasen ist mit Hilfe von MS Access<sup>®</sup> entstanden. Sie besteht aus einem Hauptformular und mehreren Listen, wo die Hilfsbegriffe eingetragen werden können.

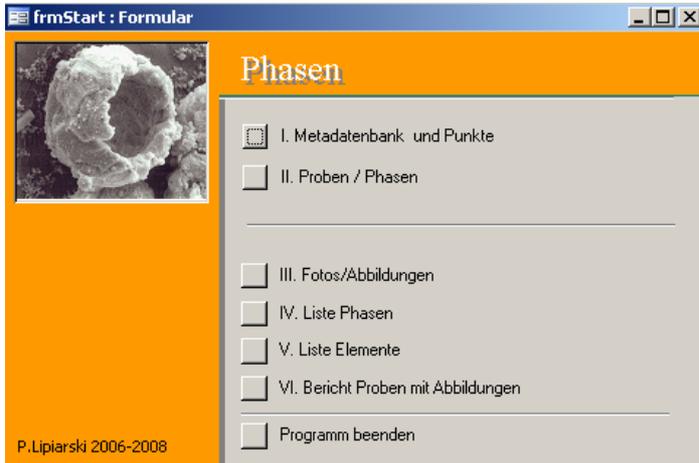


Abb. 3: Startmaske der Applikation „Phasen“.

Die Startmaske bietet diverse Optionen in der vorgesehenen Reihenfolge der Bearbeitung. Zuerst wird ein Eintrag in die Metadatenbank getätigt.

Abb. 4: Formular „Metadatenbank“ der Applikation „Phasen“.

Bei der Metadatendokumentation werden allgemeine Informationen zum Zweck der Beprobung, Lage des Gebietes, Probenotyp usw. eingetragen.

Punkt-Nr	Lokalität	Rechtswert	Hochwert
50007	Drau	575730	167937
50008	Drau/Lavamünd	573228	167937
50009	Drau	560290	167101
50010	Göritschitz	542122	188507
50011	Löllingbach	543086	196399
50012		533641	201366
50013	Metnitz	534628	195825
50014	Gurk	533377	195692
50015	Bergwerksgraben	530661	189925
50016	Lavant	571335	172440
50017	Gurk	538135	163566
50018	Kl + Gr.Fleiss	415326	211167
50019	Kl.Fleiss	413891	210002
50020	Zirknitz	416991	203962
50021	Möll	416596	202502

Abb. 5: Unterformular „Punkte“ des Formulars „Metadaten“.

Die im Rahmen des Projektes beprobten Punkte samt Lokalität und Koordinaten werden ebenfalls innerhalb des Formulars gespeichert.

Abb. 6: Formular „Proben“.

Zu jedem bereits eingetragenen Punkt können dann die Proben eingegeben werden. Jede Probe hat als Attribute Probennummer, Probentyp, Probenahmedatum, Horizont (optional), Korngrößenanteil pro Fraktion (in %) und Nummern der erstellten Schlitze. Die Ergebnisse der Auswertung werden in Kurzform in ein Memo-Feld geschrieben.

ID	Probentyp
1	Bachsediment / 180µ - Fraktion
2	Bachsediment / Schwermineralfraktion
3	Bodenprobe / Organ. Auflage
4	Bodenprobe / Mineralboden
5	Gesteinsprobe
6	Wasserprobe
7	Schneeprobe
8	Staubprobe
9	Wischprobe
10	Schlacken
11	Klärschlamm

Tab. 3: Liste der Probentypen für die Phasenanalyse.

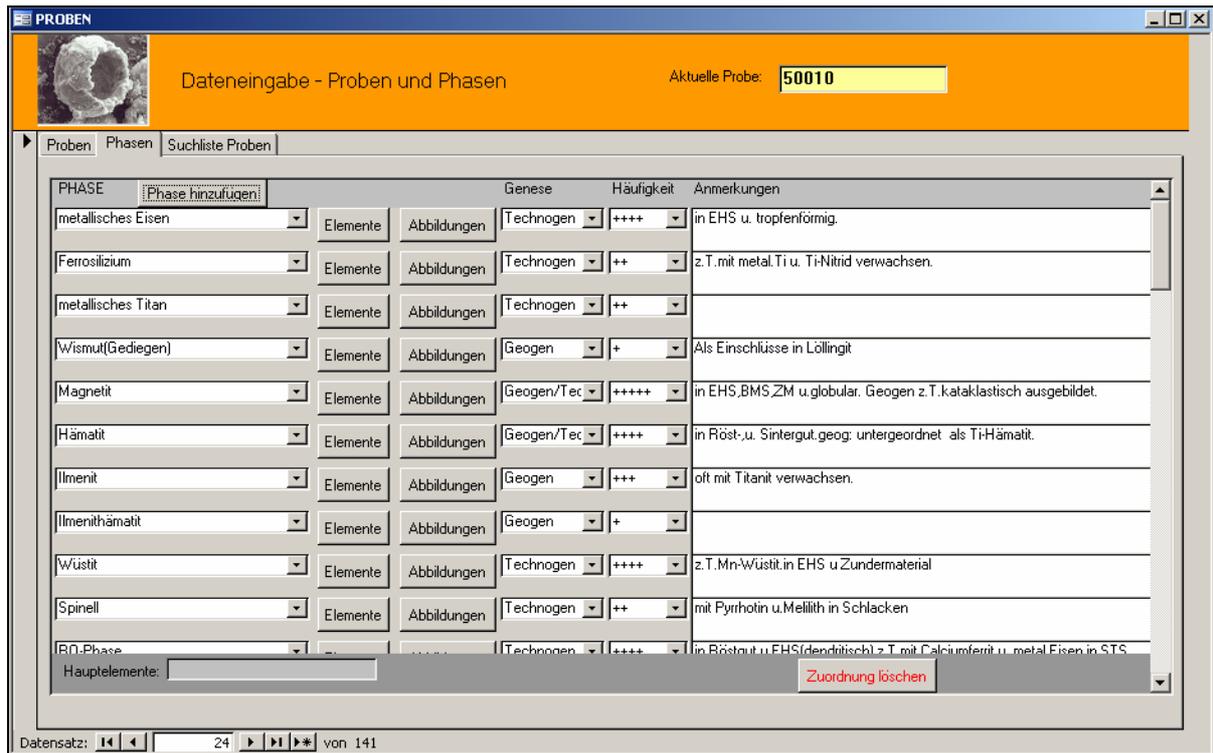


Abb. 7: Eingabemaske „Phasen“.

Mit Hilfe der Eingabemaske „Phasen“ werden einer Probe mehrere Mikrophasen zugeordnet. Nur die Phasen aus einer zuerst definierten Tabelle können zugeordnet werden. Genese, Häufigkeit und Anmerkungen ergänzen die Eingabe. Außerdem kann mit jeder Phase eine Elementliste (Informationen aus der Spurenelementanalytik) und der Hinweis auf entsprechende Abbildungen (meist Schlifffotos) verknüpft werden.

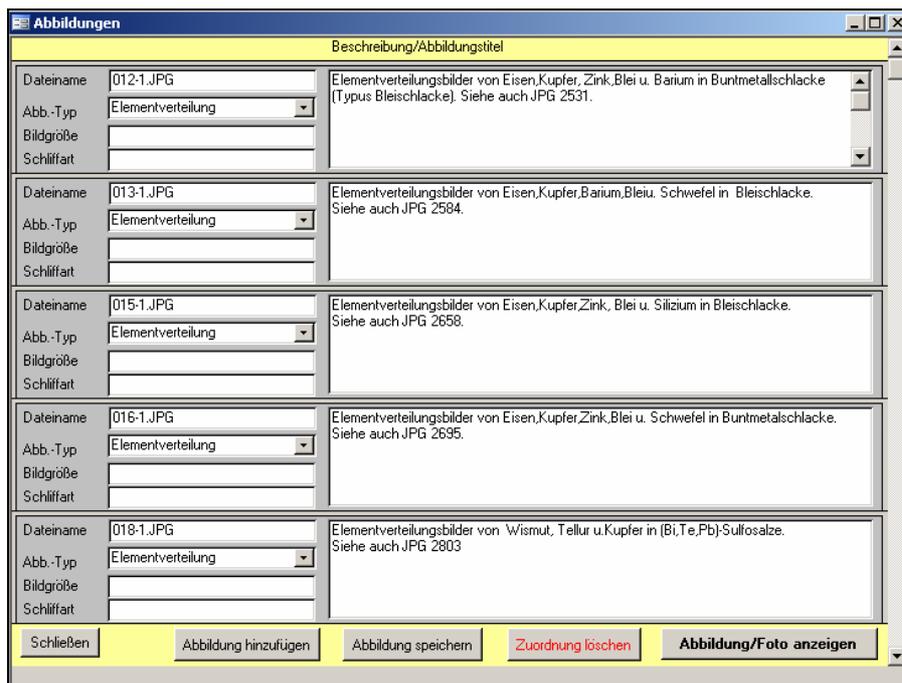


Abb. 8: Eingabemaske „Abbildungen“.

Phase	Gruppe	Hauptelemente	Technogen?	Geogen?
Akanthit	Sulfide, Sulfate	Ag, Cu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Akermanit	Metalle, Legierungen	Ca, Mg, Fe	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Alabandin	Oxide, Hydroxide	Mn	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Albit	Sulfide, Sulfate	Na, Al	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Allanit(Orthit)	Silikate	Ce, Al, Ca	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Almandin	Sonstige	Fe, Al	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Almandin	Typische technogene Bestandteile	Fe, Al	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aluminium-Eisenhydroxid	Oxide, Hydroxide	Al, Fe	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Aluminium-Eisen-Legierung	Metalle, Legierungen	Al, Fe	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aluminium-Kupfer-Nickel-Eisen-Legierung	Metalle, Legierungen	Al, Cu, Ni, Fe	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aluminium-Zink-Legierung	Metalle, Legierungen	Al, Zn	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Alunit	Sulfide, Sulfate	K, Al	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Amphibole	Silikate	Ca, Mg, Fe	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Anatas		Ti	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Andalusit	Silikate	Al	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Anglesit	Sulfide, Sulfate	Pb	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Anhydrit	Sulfide, Sulfate	Ca	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Anitgorit	Silikate	Mg, Fe	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Abb. 9: Eingabeformular „Phase hinzufügen“.

Die Liste der Phasen gibt den jeweils aktuellen Stand der erfassten Mikrophasen wieder und wird je nach Bedarf ergänzt.

Jede Phase wird einer der vordefinierten Gruppen zugeordnet (Metalle, Legierungen; Oxide, Hydroxide; Sulfide, Sulfate; Silikate und Sonstige). Zusätzlich werden jeder Phase die Hauptelemente nach der chemischen Zusammensetzung zugeordnet und der Hinweis auf ihre Genese (technogen, geogen oder beides).

Symbol	Name	O-zahl	Atomgewicht	Dichte bei 20°C	Schmelzpunkt	Siedepunkt	Link Beschreibung
Ac	Actinium	89	227,0278 g/mol	10,07 g/cm³	1047 °C	3197 °C	
Ag	Silber	47	107,8682 g/mol	10,49 g/cm³	961,9 °C	2212 °C	Ag.pdf
Al	Aluminium	13	26,981539 g/mol	2,70 g/cm³	660,5 °C	2467 °C	Al.pdf
Am	Americium	95	243,0614 g/mol	13,67 g/cm³	994 °C	2607 °C	
Ar	Argon	18	39,948 g/mol	1,66 g/l	-189,4 °C	-185,9 °C	
As	Arsen	33	74,92159 g/mol	5,72 g/cm³	613 °C	613 (sublimiert) °C	As.pdf
At	Astat	85	209,9871 g/mol		302 °C	337 °C	
Au	Gold	79	196,96654 g/mol	19,32 g/cm³	1064,4 °C	2940 °C	
B	Bor	5	10,811 g/mol	2,46 g/cm³	2300 °C	2550 °C	B.pdf
Ba	Barium	56	137,327 g/mol	3,65 g/cm³	725 °C	1640 °C	Ba.pdf
Be	Beryllium	4	9,012182 g/mol	1,85 g/cm³	1278 °C	2970 °C	
Bh	Bohrium	107	262,1229 g/mol				
Bi	Bismut	83	208,98037 g/mol	9,80 g/cm³	271,4 °C	1560 °C	Bi.pdf
Bk	Berkelium	97	247,0703 g/mol	13,25 g/cm³	986 °C		
Br	Brom	35	79,904 g/mol	3,14 g/cm³	-7,3 °C	58,8 °C	
C	Kohlenstoff	6	12,011 g/mol	3,51 g/cm³	3550 °C	4827 °C	C.pdf
Ca	Calcium	20	40,078 g/mol	1,54 g/cm³	839 °C	1487 °C	Ca.pdf
Cd	Cadmium	48	112,411 g/mol	8,64 g/cm³	321 °C	765 °C	Cd.pdf
Ce	Cer	58	140,115 g/mol	6,77 g/cm³	798 °C	3257 °C	Ce.pdf
Cf	Californium	98	251,0796 g/mol	15,1 g/cm³	900 °C		
Cl	Chlor	17	35,4527 g/mol	2,95 g/l	-34,6 °C	-101 °C	Cl.pdf

Abb. 10: Liste der chemischen Elemente.

Ebenso wie die Liste der Phasen wird auch die Liste der chemischen Elemente verwendet. Diese Elementliste wird zuerst eingesetzt, um die Hauptelemente der Mikrophasen zu definieren, darüber hinaus werden die Elemente der spezifischen Probe zugeteilt. Zu den häufigsten Elementen gibt es weitergehende Beschreibungen (Vorkommen, Verwendung, Wirkung in der Umwelt u.a.) in Form von pdf – Dateien (siehe Tab. 4).

**Silber:****Geogene Herkunft**

Spurenelement mit chalkophilen und siderophilen Eigenschaften. Geogen angereichert in hydrothermalen Sulfidlagerstätten assoziiert mit Au, Cu, Pb, Zn, Hg, As und Sb. Pfadfinderelement für Buntmetalle.

Minerale: Gediegen Silber; Sulfide, wie Argentinit (Ag<sub>2</sub>S), Neben- bis Spurenelement in Sulfiden (insbesondere Fahlerzen, Bleiglanz, Pyrrgyrit). Spuren in manchen Fe-Mg-Silikaten, wie in Pyroxenen. Hauptgewinnung aus sulfidischen Erzen.

**Häufigkeit (Ag in ppm):**

Lithosphäre:.....	0.1
ultrabasische Gesteine:.....	0.05
basische Gesteine:.....	0.1
intermediäre Gesteine:.....	0.07
granitische Gesteine:.....	0.05
syenitische Gesteine:.....	0.0X
Schiefer:.....	0.1
Sandsteine:.....	0.0X
Karbonatgesteine:.....	1
Böden.....	0.1

**Wichtige Silberminerale:** Ged. Silber, Argentit (87% Ag), Proustit (65%), Pyrargyrit (60%), Stephanit (68%), Polybasit (64-72%), Miargyrit (37%), Sromeyerit (53%), Fahlerz (bis 18%), Chlorargyrit (75%), Argentojarosit (19%), Elektrum (20%), Sylvanit (13%).

**Silber als Spurenelement in wichtigen Mineralien (ppm):**

Antimonit	100 *	Hausmannit	10
Arsen	1000	Jamesonit	10
Arsenopyrit	10	Krokoit	100
Bornit	1000	Kupfer (ged)	1000
Boulangerit	100	Manganit	10
Bourmonit	bis 3000	Molybdänit	10
Cassiterit	10	Pentlandit	10
Cerussit	10	Platinminerale	bis 60
Chalkopyrit	bis 3000	Pyrit	bis 200
Chalkosin	100	Pyrrhotin	bis 100
Chloanthit	10	Safflorit	10
Clausthalit	1000	Skutterudit	1000
Cobaltin	10	Sphalerit	bis 10000
Galenit	bis 30000	Tennantit	100
Gold	bis 20%		

\* Mittlere Elementkonzentration (z. T. Höchstwerte)

**Technogene Herkunft**

Überwiegend Nebenprodukt bei der Verhüttung von Cu, Pb und Zn. Verwendung für photographisches Material, elektrische Regler und Leiter, Münzen und Medaillen, Hartlegierungen, Batterien, Spiegel u.a. Als industrieller Abfall weit verbreitet in Abwässern von Photolaboratorien und Krankenhäusern, Klärschlämmen und Hausmüll (Batterien, Spiegel u.a.)

**Verhalten in der Umwelt**

Kein essentielles Spurenelement. Relativ mobiles Element; Löslichkeit unter oxidierenden Bedingungen höher als unter reduzierenden. Unter sauren Bedingungen eher hohe, unter neutralen bis alkalischen Bedingungen geringe Mobilität. Sulfidische Erze werden zu Kerargyrit oder Silberjarosit umgewandelt. Sorption hauptsächlich an Tonminerale, organische Substanz, Fe- und Mn-Oxide; toxisch für niedrige Wasserorganismen (Tiere stärker gefährdet als Pflanzen). Im Bachsediment Anreicherung in der Feinstfraktion (< 40 µm).

Tab. 4: Beispiel einer Elementbeschreibung (Ag)

**Bericht**

Zu Dokumentationszwecken wurde ein Berichtslayout entwickelt, das die wichtigsten Informationen zu einer Probe zusammenfasst. Dieser Bericht kann für jede einzelne Probe ausgedruckt bzw. als .pdf – Datei gespeichert werden.

PUNKT_NR	PROBE_NR	LOKALITÄT	Projekt	Anzahl Phasen	Anzahl Abb
900394(KB1)	900394	SW Buchbauer	Vergleichsprobennahme Alpe-Adria-Projekt	1	0
900499 (SL2)	900503	NNE Wiesenau/Bad St. Leonhard, SH=	Vergleichsprobennahme Alpe-Adria-Projekt	1	0
900535 (SL8)	900538	Mischlingbach/ Bad St. Leonhard, SH=	Vergleichsprobennahme Alpe-Adria-Projekt	1	0
90394	90394	Buchbauer/Klippitztörl (187/1039)	Bergbau-/Haldenkataster Proj. ÜLG 40 - Bundesland K	16	7
90415	90415	Buchbauer, Schurfgraben westlich Prot	Bergbau-/Haldenkataster Proj. ÜLG 40 - Bundesland K	4	0
900460 (KP9)	90468	Klippitzbach, Südlich Bauernhof Kopp, S	Vergleichsprobennahme Alpe-Adria-Projekt	2	0
900493 (SL1)	90498	NNE Wiesenau/Bad St. Leonhard, SH=	Vergleichsprobennahme Alpe-Adria-Projekt	1	0
900529 (SL7)	90532	Mischlingbach/ Bad St. Leonhard, SH=	Vergleichsprobennahme Alpe-Adria-Projekt	2	0
910044	910044	SW Kappel	Bodengeochemie Krappfeld	64	34
910048	910047	SE Haidkirchen	Bodengeochemie Krappfeld	58	33
910344	910345	NE Kappel	Bodengeochemie Krappfeld	44	17
910474	910479	NE Längsee	Bodengeochemie Krappfeld	48	27
910565	910565	N Treibach-Althofen	Bodengeochemie Krappfeld	64	38
910623	910623	Silberbach, S Kappel	Bodengeochemie Krappfeld	50	25
910623	910626	Silberbach, S Kappel	Bodengeochemie Krappfeld	28	4
910629	910633	WSW Möbbling	Bodengeochemie Krappfeld	15	7
910807	910806	W Möbbling	Bodengeochemie Krappfeld	6	0
910834	910836	WNW Möbbling	Bodengeochemie Krappfeld	11	3
910891	910890	NW Althofen	Bodengeochemie Krappfeld	44	22
911165	911158	SW Treibach	Bodengeochemie Krappfeld	62	35
911351	911354	W Passering	Bodengeochemie Krappfeld	52	13
911562	911564	MMW Gultzing	Bodengeochemie Krappfeld	21	15

Abb. 11: Berichtsformular

Der Bericht besteht aus 3 Teilen. Im Berichtskopf werden die Informationen aus der Metadatenbank (Projekt, Bericht), aus der Koordinatentabelle (Rechtswert, Hochwert, Lokalität) und aus der Proben-tabelle (Probentyp, Probe\_Nr, Ergebnisse) dargestellt.

Projekt	Bodengeochemie Krappfeld		
Probentyp	Bodenprobe / Organ. Auflage	RW BMN M31	535140
PROBE_NR	910890	HW BMN M31	194868
LOKALITÄT	NW Althofen		
ERGEBNISSE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sehr viel metallisches Nickel und (Ni, Fe)-Legierungen als tropfenförmige Einschlüsse in Glasphasen sowie als leistenförmige bis tafelige Partikel (sehr feinkörnig)</li> <li>- Viel globulare Partikeln (meist mit Beimengungen von Ni, W, Mo, Cr, Mn und V).</li> <li>- Viel nickelhaltige glasige und kristalline Phasen.</li> <li>- Das Fehlen von Konverterschlacken.</li> <li>- Häufig globulare hohlkugelige, Koksflugaschen.</li> </ul>		
BERICHT	PIRKL, H.: Beschreibung des Bodenzustandes im Krappfeld hinsichtlich Problemelementbelastung in Abhängigkeit des geogenen Angebotes bzw. der anthropogenen Beeinflussung sowie die Bewertung von Böden in der Funktion als Schutzschicht über dem Grundwasser.- Unveröff.Bericht i. A. BMWuF u. Amt d. Kärntner Landesreg., Wien-Eisenerz 1993		

Abb. 12. Berichtskopf (Probenr 910890)

Der zentrale Teil des Berichtes bildet die Liste der Mineralphasen in Form einer Tabelle. Es werden Name der Phase, Geogen/Technogen, Haupt- und Spurenelemente, Häufigkeit, Anmerkungen und Anzahl der zugeordneten Graphiken (Photos, Diagramme) ausgedruckt.

Liste der Mineralphasen						
Phase	G/T*	Hauptelemente	Spurenelemente	Häufigkeit**	Anmerkungen	Anzahl Grafiken
Anatas	G	Ti		k.A.		0
<b>Metalle, Legierungen</b>						
Eisen-Nickel-Legierung	T	Ni, Fe		k.A.		0
metallisches Eisen	T	Fe	Co,Cu,Mn,Ni,Si	k.A.		3
metallisches Nickel	T	Ni	Co,Cr,Cu,Fe,Si	k.A.		2
metallisches Silizium	T	Si		k.A.		0
metallisches Vanadium	T	V		k.A.		0
<b>Oxide, Hydroxide</b>						
Chromit	T	Cr, Fe, Mg, Al	Ni	k.A.		0
Eisenhydroxide	G	Fe		k.A.		2

Abb. 13: Auszug aus dem Bericht: Liste der Mineralphasen (Probenr 910890)

Im dritten Teil des Berichtes werden die Abbildungen in verkleinerter Form samt Titel und Beschreibung aufgelistet.



Abb. 14: Auszug aus dem Bericht: Mineralphasen – Abbildungen (Probenr 910890)

### Mineralphasen-Atlas

Die Struktur der Datenbank und auch der Aufbau der Applikation haben als Aufgabe nicht nur die einheitliche Dokumentation der Arbeit, sondern auch die spätere Erstellung eines Mineralphasen-Atlas. Diese „Knowledge-Base“ zu dem Thema ist für die zweite Phase des Projektes gedacht und soll ein umfangreiches Abfragesystem des „Phasenatlas“ samt Musterfotos und Diagrammen beinhalten.

Dies soll eine Basis für die zukünftige raschere und einheitlichere Dokumentation aller vergleichbaren Studien und auch eine Basis für den Wissenstransfer an jüngere Mitarbeiter schaffen. Als „Nebenprodukte“ entsteht eine Metadokumentation über die Projekte, in denen Schwermetalle beprobt und untersucht wurden sowie eine Literaturdatenbank.

### 3.2 In der Datenbank erfasste Fachinhalte

Das Methodenset (Abb.1) hat sich bis zur aktuellen Komplexheit im Zuge der jeweiligen Fragen- und Problemstellungen in den letzten 15 Jahren laufend erweitert. Das führte zu einer großen Spannweite der erfassten und dokumentierten Fachinhalte.

Aktuell sind Bestandteil der Datenbank:

- 289 Einzelproben aus 24 Forschungsprojekten. Die Forschungsprojekte beziehen sich insbesondere dabei auf Anomalie-Untersuchungen im Zuge von Rohstoffprospektion, Materialuntersuchungen auf Bergbau- und Hüttenhalden, Bewertung von Schwermetall-(Spurenelement-)Verteilungen in Böden, Bewertung von Schwermetall-(Spurenelement-)Verteilungen in Flusssedimenten und Charakterisierung von Staubdeposition im Umfeld von industriell-gewerblichen Emittenten.
- Beschreibung der Metadaten der jeweiligen Forschungsprojekte und der Projektgeschichte
- Literaturübersicht über einschlägige Forschungsprojekte
- Lage der Probepunkte (+ Koordinaten) - siehe Abb.15
- Mineralphasenuntersuchungen und -analysen aus folgenden Probemedien:
  - Gesteine, Erze, Schlacken und Rückstände aus Aufbereitungs- und Verhüttungsprozessen
  - Bach- und Flusssedimente / Schwermineralfraktion
  - Überschwemmungssedimente
  - Böden / Auflage
  - Böden / Mineralboden
  - Staubproben von offenen Oberflächen
  - Staubproben aus geschlossenen Räumen (Wohn- oder Arbeitsräume, Dachböden)
  - Staubproben aus Staub-Sammelstellen
  - Feste Rückstände aus Schneeproben
- Beschreibung aller pro Probe erfassten Mineralphasen, deren Hauptelementgehalte, deren spezifische Spurenelementgehalte (aus der mikrochemischen Analytik), deren Zuordnung zu geogenen oder technogenen Quellen, deren Häufigkeit in der jeweiligen Probe
- Link zu vorhandenen Abbildungen (Schlifffotos, Elementverteilungs-Scans, u.a.) mit der Möglichkeit der direkten Bildansicht
- Abbildungs-/Bilddokumentation und Bildbeschreibungen (aktuell >3200 Abbildungen)
- Liste/Tabelle aller aktuell erfassten Mineralphasen mit Gruppierung nach Metalle/Legierungen, Oxide/Hydroxide, Silikate, Sulfide/Sulfate, typische technogene Bestandteile, Sonstige
- Liste/Tabelle aller Element mit ihrer chemisch-physikalischen Charakteristik und textlichen Beschreibungen hinsichtlich geogenem Vorkommen, Verwendung, Umweltwirkungen u.a.

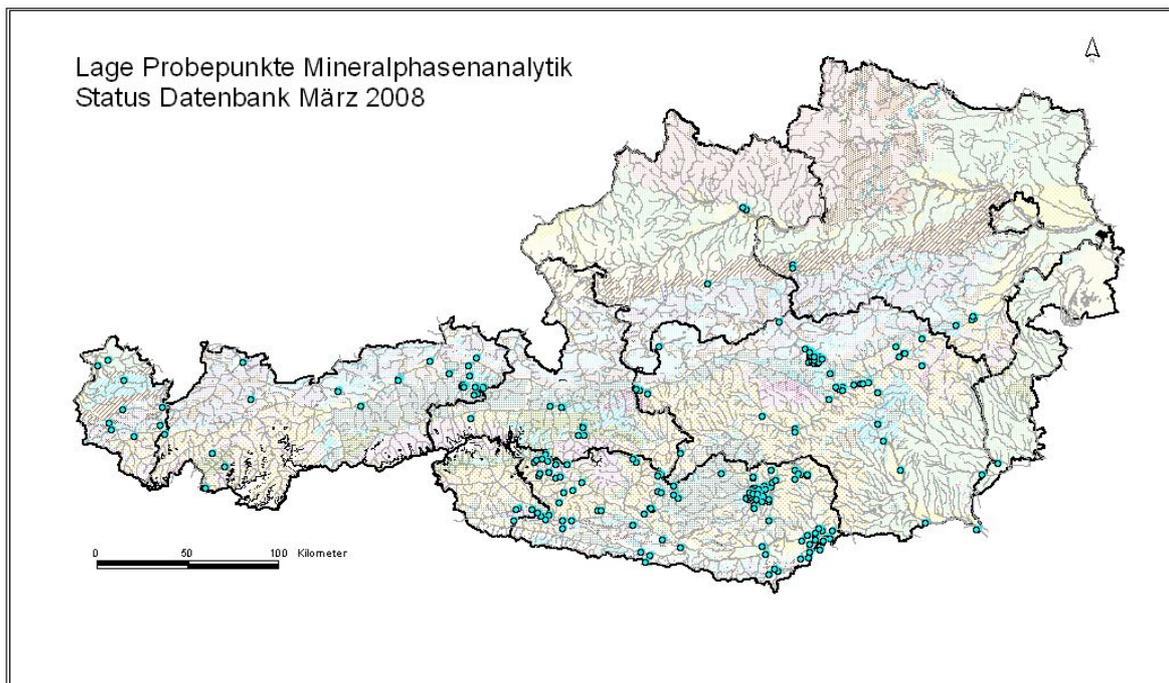


Abb. 15: Lage der Probepunkte mit Mineralphasenanalytik; Stand der Erfassung in der Datenbank März 2008

### 3.3 Interpretationshilfen und Handbücher

Die gegenständliche Datenbank „Mineralphasen“ ist natürlich in erster Linie ein Dokumentationsinstrument. Struktur und Inhalte dieser Datenbank wurden aber so angelegt und erweitert, dass diese auch als Interpretationshilfe und als Weiterbildungsinstrument genutzt werden kann.

Bei praktisch allen (umwelt-)geochemisch basierten Projekten stellen sich Fragen nach der Zusammensetzung von Mineralen, Quellen von Spurenelementen (insbesondere Schwermetallen) und/oder der Unterscheidung geogener von technogenen Ursachen von Schwermetallverteilungen in der Umwelt. Die entsprechenden Informationen, die eine fundierte Interpretation geochemischer Analysen mit ihrem räumlichen Bezug ermöglichen, sind über zahlreiche Fachbücher verstreut; darüber hinaus wird zusätzlich spezifisches Wissen zur ostalpinen Geologie und Mineralisations-Genese benötigt.

In der Geologischen Bundesanstalt werden aktuell daher mehrere Interpretations-Hilfsmittel aufgebaut:

- Datenbank „Bach- und Flusssedimentgeochemie Kornfraktion 180µm“ einschließlich Erläuterung und einführendes Handbuch (PIRKL & LIPIARSKI 2007)
- Datenbank „Gesteinsgeochemie“
- Datenbank „Bodengeochemie“
- Datenbank „Mineralphasen“
- Datenbank „Hydrogeochemie“
- Verknüpfende Datenbank „Metadatendokumentation“
- Vorstrukturierte GIS-gestützte Darstellungen zu allen Analyseergebnissen der Bach- und Flusssedimentgeochemie

Die Datenbank „Mineralphasen“ nimmt dabei eine Schlüsselstellung ein, da sie Offline-Zugriffe zu einer Fülle von sonst verstreuten Zusatzinformationen zum Teil in der Form von Handbüchern erlaubt:

- ✘ Übersichten und Detailinformationen zu Erzmineralen, Erzparagenesen und sekundären Erzmineralen in Zusammenhang mit bestimmten Vererzungstypen
- ✘ Übersichten über technogene (Mineral-)Phasen, die in dieser umfangreichen Form in der Literatur nicht vorhanden sind. Hervorzuheben ist, dass die entsprechenden technologischen Phasen immer auch in ihren Zusammenhang mit den jeweiligen Verursachern (Emittenten) gestellt werden. In vielen Fällen liegen zu diesen Phasen auch Schliffphotos und mikrochemische Analysen dokumentiert vor.
- ✘ Übersicht über geogene und technogene Phasen, die als Schwermetallträger auftreten können, einschließlich spezifischer Informationen zu erwartbaren Schwermetall-/Spurenelement-Konzentrationen
- ✘ umfangreiches Material zur Beschreibung der Elemente (in Tabellen- oder Handbuchform) nach
  - ihren chemisch-physikalischen Eigenschaften
  - ihrem geologischen Vorkommen
  - ihrer technischen Verwendung
  - ihren umweltchemischen Wirkungen

Diese intensive und umfassende Aufbereitung des geochemisch-mineralogischen Wissens ermöglicht auch für die Fachkollegen, die bisher noch nicht mit den spezifischen Fachinhalten befasst waren, eine vollständige Nachvollziehbarkeit sowie die Chance einer Weiterbildung an Hand der sehr speziellen Wissensinhalte.

### 3.4 Nicht in der Datenbank erfasste Informationen

Wie schon oben erwähnt, ist der Datenbankaufbau, und damit die Inhalte in dynamischer Entwicklung. Die Rück erfassung älterer mineralogischer Untersuchungen ist noch nicht abgeschlossen und laufend werden neue Untersuchungen mit der oben beschriebenen Methodik weitergeführt. Die meisten der Untersuchungen nach obiger Methodik erfolgten und erfolgen im Rahmen von öffentlich finanzierten Forschungs- und/oder Monitoringprojekten. Wie aus der Berichtsliste (Kap. 6) hervorgeht, sind aber auch Untersuchungen ausgeführt worden, die zum Teil von Privatfirmen in Auftrag gegeben wurden, oder deren Ergebnisse nur einem kleinen Expertenkreis zugänglich gemacht wurden. Diese Untersuchungsergebnisse wurden zwar in Berichtsform dokumentiert, können aber aus Gründen der Vertraulichkeit nicht in der gegenständlichen Datenbank erfasst werden.

Solche Untersuchungen beziehen sich z.B. auf:

- Produkte technischer Prozesse – Zwischen-/Endprodukte bei der Metallverhüttung und Metallerzeugung; Zwischen- und Endprodukte bei Metallrecycling
- Schlackenmaterialien bei Hüttenprozessen
- Prozessbedingte Ablagerungen/Rückstände in technischen Anlagen
- Abfallwirtschaftliche Produkte – Klärschlämme, Komposte
- Staubdepositionen in sensiblen Bereichen – entlang von Autobahnen oder in Bereichen mit komplexer Industrie-/Gewerbebetriebs-Stuktur

Auch wenn die Einzelergebnisse dieser nicht direkt zugänglichen Untersuchungen nicht öffentlich dokumentiert werden können, fließen die jeweiligen methodischen Erfahrungen aber in die Weiterentwicklung des Methodensets.

## 4. Beispiels- und Querschnittsauswertungen der Datenbankinhalte

Die Fülle an Fachinformationen erschließt sich aus der Datenbank erst durch gezielte Querabfragen. Im Folgenden werden einige Beispiele solcher Querabfragen diskutiert.

### 4.1 Spurenelementgehalte in geogenen Phasen - Anomaliebewertung

Der erste systematische Einsatz der oben beschriebenen Methodenkombination fand bei der näheren Charakterisierung und Bewertung geochemischer Anomalien im Zuge der Wolframprospektion statt. Neben der geochemischen Analytik war die UV-Nachtprospektion das Instrument zur näheren Eingrenzung von Scheelit-Mineralisationen. In vielen Fällen musste dabei festgestellt werden, dass hohen Konzentrationen an Wolfram z.B. in Bachsedimenten keine entsprechenden Vorkommen von Scheelit gegenüberstanden. In solchen Gebieten sollten gezielte mineralogische Untersuchungen an Schwermineralkonzentraten oder Gesteinsproben Auskunft über die Verursacher der hohen Wolfram-Konzentrationen ermöglichen.

In der mineralogischen Fachliteratur werden die Phänomene des Einbaus von Spurenelementen im Gitter bestimmter Minerale als Indikatoren für Differentiation von Magmen, als Metamorphosehinweise und/oder im Zusammenhang mit Erzgenese beschrieben und diskutiert. Für Österreich lagen zum Zeitpunkt des Starts der systematischen, geochemischen Rohstoffprospektion nur wenige Informationen über dieses Fachthema vor – sowohl hinsichtlich konkreter mineralogisch-lithologischer Daten, als auch hinsichtlich der räumlichen Verbreitung.

In vielen der oben beschriebenen Fällen stellte sich an Hand der mineralogischen Untersuchungen heraus, dass Wolfram häufig im Gitter von Titan-Mineralen (z.B. Rutil) eingebaut anzutreffen ist; und das in so hohen Konzentrationen, dass in der geochemischen Analytik der Bach- und Flusssedimente ausgedehnte Wolfram-Anomalien ausgewiesen werden. In Folgeprojekten wurden für Rutilite aus anderen Probemedien vergleichbare Ergebnisse erzielt. Diese Untersuchungen belegen zusätzlich, dass nicht nur das „Zielelement“ Wolfram im Gitter von Rutil eingebaut ist, sondern auch eine Reihe anderer Spurenelemente in verschiedenen Mineralen.

Dies gilt z.B. gilt auch für die Minerale Chlorit oder Biotit. So lässt sich etwa eine Reihe von Chrom-Anomalien in der mittleren Grauwackenzone oder in Abschnitten des Zentralalpenkristallins auf Cr-Gehalte in Chloriten zurückführen.

*Abfrage aus der Datenbank Mineralphasen:  
Alle Proben mit Rutil + Information zu Spurenelementgehalten in Rutil*

<b>Projekt / Geologische Einheit</b>	<b>Gesteinsserien</b>	<b>Spurenelemente im Gitter von Rutil</b>
Charakterisierung von geochemischen Anomalien in verschiedenen Abschnitten des Zentralalpen-Kristallins	Metabasite, Metavulkanite	Nb, Sn, Ta, W
Nebengestein einer polysulfidischen Mineralisation im Ötztaler Kristallin	Gneis	Cr
Bodengeochemie im Raum Bleiburg/Kärnten	Metabasite	Cr, Fe, Nb, Ta
Bodengeochemie im Raum Krappfeld	Quartäre Sedimente (Terrassen und Moränen) im Bereich Kappl Haidkirchen Möbling Möbling Treibach	V Cr Cr, Nb, Zn Cr, Fe, Ni, Zn Fe, Nb
Bachsedimente im Umfeld von Arsenmineralisationen im Saualpe-Kristallin		Cr, Cu
Gesteinsgeochemie Grauwackenzone / Bereich Lend	Hornblende-Chloritphyllit	Cr, Cu
Gesteinsgeochemie Habachserie	Kalkphyllit	Cr, Zn

*Abfrage aus der Datenbank Mineralphasen:  
Alle Proben mit Chlorit + Information zu Spurenelementgehalten in Chlorit*

<b>Projekt / Geologische Einheit</b>	<b>Gesteinsserien</b>	<b>Spurenelemente im Gitter von Chlorit</b>
Bodengeochemie im Raum Krappfeld	Quartäre Sedimente (Terrassen und Moränen) im Bereich Haidkirchen Längsee Treibach-Althofen Treibach  Metatuffite bei Möbling Biotithornblendeschiefer bei Guttaring	Cr Cr Cr, Ni, Zn Ni  Co, Cr, Ni Cr
Bodengeochemie im Raum Lend	Hornblende-Chlorit-Phyllit Serizit-Chlorit-Phyllit Fuchsit	Co, Cr, Cu, Ni, Zn Co, Cr, Cu, Ni, Zn Cr, Ni, Zn
Bodengeochemie im Bereich der Habachserie	Hornblende-Chlorit-Phyllit Epidot-Chlorit-Prasinit Chlorit-Biotit-Schiefer	Co, Cr, Cu, Ni, Zn Cr, Ni, Zn Co, Cu, Ni, Zn

*Abfrage aus der Datenbank Mineralphasen:  
Alle Proben mit Biotit + Information zu Spurenelementgehalten in Biotit*

<b>Projekt / Geologische Einheit</b>	<b>Gesteinsserien</b>	<b>Spurenelemente im Gitter von Biotit</b>
Bodengeochemie im Bereich Krappfeld	Biotithornblendeschiefer	Cr, Mn, Ni, Ti
Gesteinsgeochemie im Saualpe-Kristallin	Metabasite	Cr, Cu, Ni Cr, Ni, Zn
Gesteinsgeochemie in Habachserie	Chlorit-Biotitschiefer	Cu, Ni, Zn

## 4.2 Charakterisierung von Haldenmaterial

Im Rahmen der Erhebungen zum Bergbau- und Haldenkataster, sowie in Begleitprojekten wurden mineralogische Untersuchungen an Haldenmaterialien ausgeführt. Der größte Teil dieser Untersuchungsergebnisse wurde in der Datenbank „Mineralphasen“ bereits dokumentiert.

Die mineralogischen Untersuchungen an Haldenmaterial haben mehrere Ziele:

- Ergänzende Untersuchung von Erzproben. Für die meisten ostalpinen Erzbergbaue und/oder Erzmineralisationen sind Beschreibungen zur Zusammensetzung der Erze vorhanden. In vielen Fällen betreffen diese jedoch überwiegend die Hauptminerale, wurden nur an ausgewählten Handstücken durchgeführt oder nicht mit modernen Methoden. Das Wissen um das gesamte Spektrum der Minerale ist Basis für eine abgesicherte Charakterisierung der Erz-Genese.
- Untersuchung der geochemischen Detailzusammensetzung von Erzmineralen.
- Mineralogische Erfassung und Beschreibung von Sekundär-Mineralen. Das Wissen um Verwitterungsprozesse, sowie der Um- und Neubildung von Mineralen unterstützt die Abschätzung von eventuellen Schwermetall-Austragsvorgängen und somit die Bewertung möglicher Umweltauswirkungen.

Die Datenbank „Mineralphasen“ ermöglicht die Erschließung dieses Wissens über mehrere Zugänge – das Vorkommen der Haupt-Erzminerale, die eventuellen Spurenelementgehalte in den Erzmineralen, die Sekundärminerale und deren Spurenelementgehalte. In vielen Fällen sind Halden bei historischen Bergbauen meist durchmischt aus Nebengestein, Erzmineralen sowie Aufbereitungs-/Verhüttungsprodukten. Durch die Erfassung geogener und technogener Phasen gleichzeitig wird eine Gesamtbeschreibung auch historischer Halden möglich. Querschnittsabfragen schließen dieses Wissen auf.

Die modernen Untersuchungs- und Analysenmethoden ergänzen darüber hinaus das Wissen über akzessorisch vorkommende, aber genetisch sehr indikative Minerale. Z.B. belegen diese Untersuchungen die weite Verbreitung von Wismut-Mineralen in den ostalpinen Polysulfid-Mineralisationen.

Mit dem Wissen über die Verbreitung von Wismut-Mineralen oder der Information über Cadmium-Gehalten in Erzmineralen aus den mineralogischen Untersuchungen wird eine Lücke zumindest teilweise geschlossen – die Lücke, dass im Rahmen der systematischen Bach- und Flusssedimentgeochemie keine Bi-Analytik sowie nur gebietsweise eine Cd-Analytik vorliegt.

Für die Umsetzung der EU-Mine-Waste-Directive wird in den nächsten Monaten ein Auswertungs- und Screeningsystem bezüglich möglicher Emissionen aus Bergbauhalden entwickelt werden. In diesem Zusammenhang sind Modelltypen ostalpiner Vererzungen zu beschreiben. Im Forschungsprojekt „Screening und Bewertung von ehemaligen Bergbau- und Hüttenstandorten - Kitzbühler Alpen (Projekt MU 7- T/TU 17a)“, wurden bereits entsprechende Vorarbeiten geleistet.

Ein Schlüssel für den Zugang zu Haldenbewertungen sind die Ergebnisse von - im obigen Projekt - intensiv bearbeiteten Halden im Bereich der historischen Bergbaue in den Kitzbühler Alpen. Für dieses Areal wurden mineralogisch untersucht:

- Böden auf Halden
- Haldenmaterial (Erzproben, Schlacken, Nebengestein)
- Mikrochemische Analytik von Mineralphasen, insbesondere Fahlerz (Tetraedrit)
- Bachsedimente aus den direkten Vorflutern der Halden
- Spezifische Untersuchung des Verwitterungsverhaltens der Erze
- Umfangreiche Abbildungsdokumentation (Schlifffotos, Elementverteilungen)

Aus dieser Intensivbearbeitung sind bereits Schlüsse auf das Emissionsverhalten des spezifischen und in den Ostalpen weiter verbreiteten Vererzungstyps möglich.

Ein erster Schritt zur Umlegung dieses Spezialwissens wäre die Abfrage möglicher Spurenelementverteilungen allgemein bei Fahlerz-Mineralisationen:

*Abfrage aus der Datenbank Mineralphasen:  
Alle Proben mit Tetraedrit + Information zu Spurenelementgehalten in Tetraedrit*

Wenn die Abfrage sich - wie oben - allein auf Tetraedrit bezieht, ergibt das 159 Einzelfälle. Als Haupt- und Spurenelemente wurden dabei in Zusammenhang mit Tetraedrit folgendes Elementspektrum nachgewiesen:

Ag, As, Co, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Sb, Zn

Damit ergibt sich als zweiter Schritt die Frage - sind in der Datenbank Informationen über das konkrete Verwitterungsverhalten von Tetraedrit enthalten und wenn ja, sind diese auch in Form von Abbildungen dokumentiert?

*Abfrage aus der Datenbank Mineralphasen:  
Alle Proben mit Tetraedrit + Information zu Spurenelementgehalten in Tetraedrit +  
Abbildungen mit Hinweisen auf Verwitterungsprodukte*

Diese Abfrage ergibt natürlich nur wenige Einzelfälle - Hinweise auf die Proben 980031, 980098 und 960088 mit mehreren Abbildungen.

*Abfrage aus der Datenbank Mineralphasen:  
Beispiel Probepunkt 960088 – Bergbau Mutzköpfe / Erzprobe von Halde*

Die wichtigsten Informationen aus der Datenbank:

Mineral	Spuren-/Nebenelement in Gitter eingebaut
Tetraedrit	As 0,5 % Zn 2,0 %
Bournonit	As bis 0,18 %
Digenit	Pb bis 0,5 %
Covellin	As 0,19 %
Bindheimit	As 1,54 % Cu bis 4,83 %
Anglesit	Cu 1,54 % Sb 0,23 %
Linarit	As 0,03 % Sb 0,5 %

- Mineralspektrum – Tetraedrit, Galenit, Bournonit, Chalkopyrit, Sphalerit, Boulangerit, Pyrit, Digenit, Covellin, Bindheimit, Hydrozinkit, Anglesit, Linarit, Cerrusit, Azurit, Malachit
- Verwitterungsprozesse beschreibbar über Sekundärminerale + deren Spurenelemente
- Hinweis darauf, dass Sb bei Verwitterung abgeführt und nicht in Eisenhydroxiden festgelegt wird
- Bildmäßige Dokumentation der wichtigsten Phasen

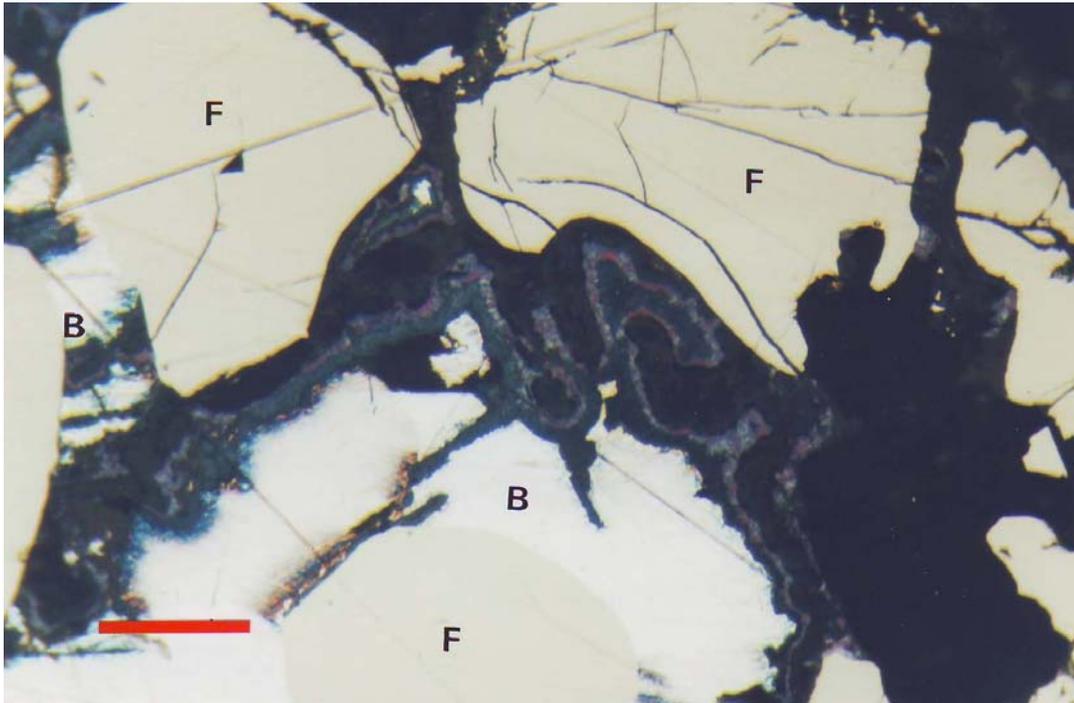


Abb. 16: Tetraedrit (F) Galenit (B), Digenit (innerer Saum um Galenit, blau ), Covellin (äußerer Saum um Galenit, violett bis hellblau ) sowie Verwitterungsprodukte (dunkelgrau). Siehe auch Elementverteilungsbilder ).Marke: 0.05 mm

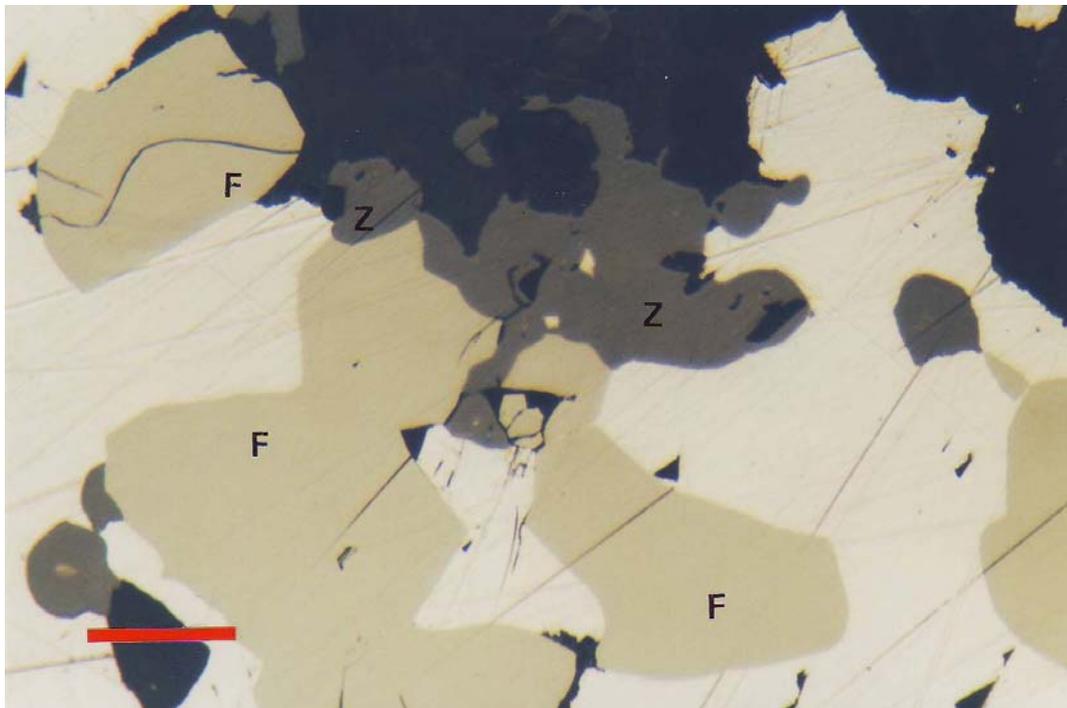


Abb. 17: Tetraedrit (F), Galenit (weiß) und Sphalerit (Z) und Gangart (schwarz). Marke: 0.05 mm

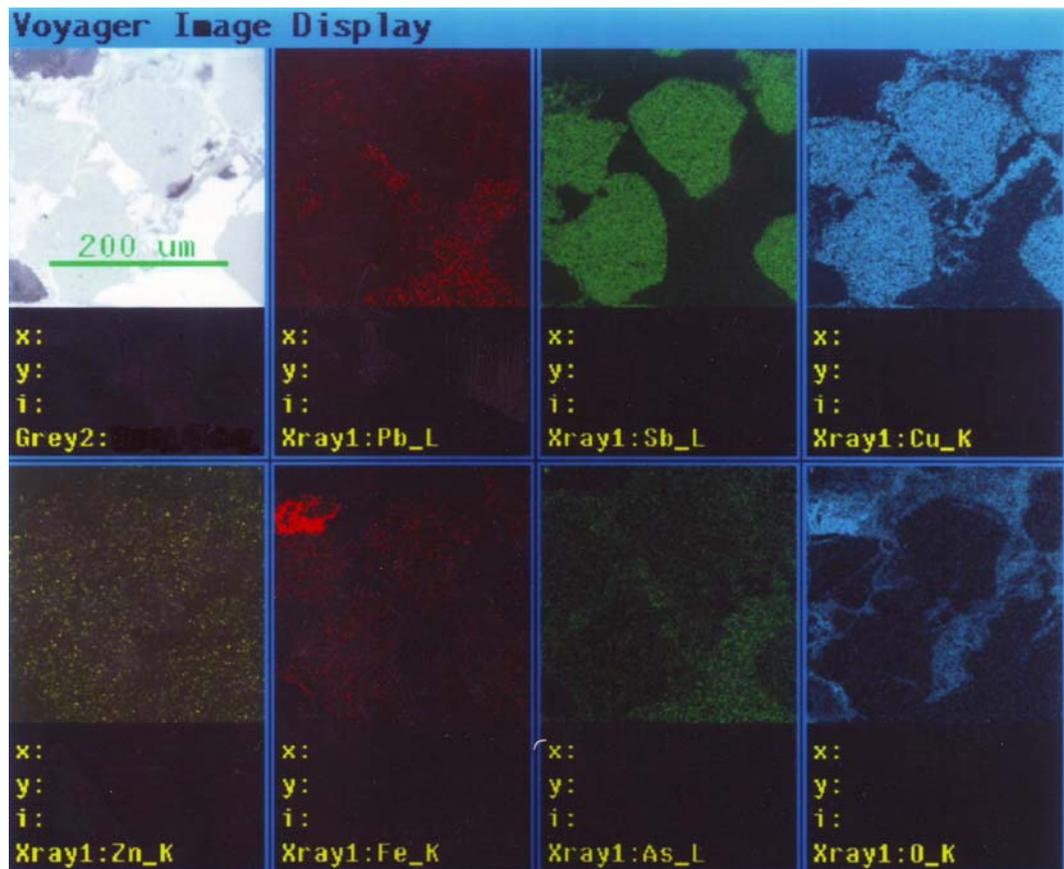


Abb. 18: Elementverteilungsbilder von Blei, Antimon, Kupfer, Zink, Eisen, Arsen, und Sauerstoff in Tetraedrit, Galenit, Digenit und Covellin . Siehe auch Abb. 16

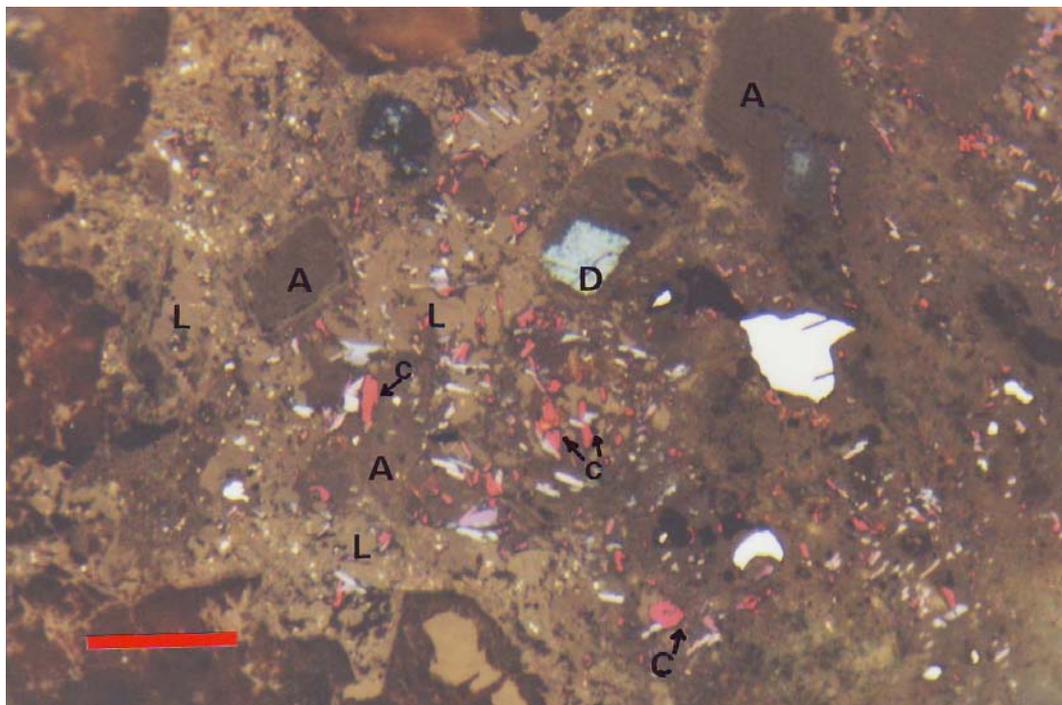


Abb. 19: Linarit (L) und Anglesit (A) mit Einschlüssen von Digenit (D) , Covellin (C, als feine rötliche Blättchen) und Bournonit (weiß); Marke: 0.05 mm

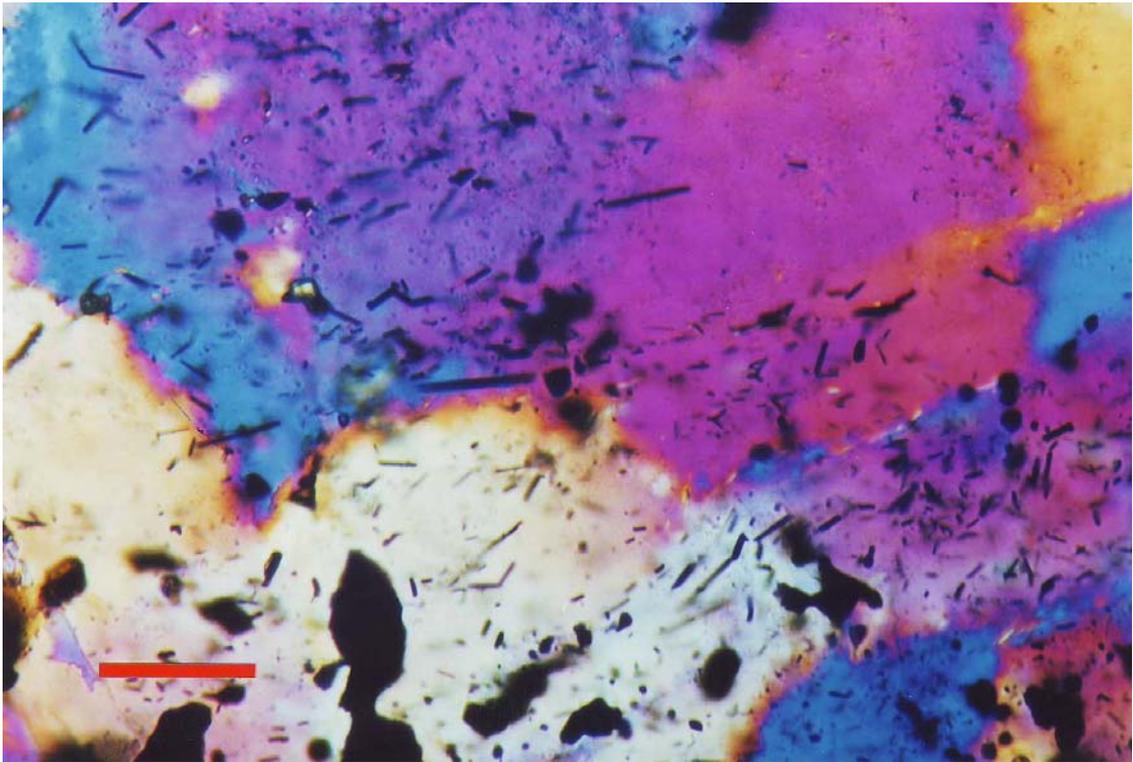


Abb. 20: Nadelige Kristalle von Boulangerit (schwarz) in Quarz (Matrix) . Marke: 0.05 mm

*Abfrage aus der Datenbank Mineralphasen:  
Beispiel Probepunkt 980031 – Bergbau Brunnalm / Erzprobe von Halde*

Die wichtigsten Informationen aus der Datenbank:

Mineral	Spuren-/Nebenelement in Gitter eingebaut
Tetraedrit	Ag 0,17 – 0,86 % As 1,20 – 3,80 % Cu 34,90 – 37,50 % Fe 2,40 – 2,95 % Hg bis 1,00 % Sb 26,40 – 27,30 % Zn 4,30 – 4,95 %

- Mineralspektrum – Tetraedrit, Chalkopyrit, Pyrit, Arsenopyrit, Gersdorffit, Galenit, Bournonit, Cinnabbarit, Malachit, Azurit, Stibiconit, Erythrin, Covellin, Digenit, Anglesit, Antimon-Kupfer-Arsen-Oxid
- Verwitterungsprozesse beschreibbar über Sekundärminerale
- Hinweis darauf, dass Sb bei Verwitterung abgeführt und nicht in Eisenhydroxiden festgelegt wird
- Bildmäßige Dokumentation der wichtigsten Phasen

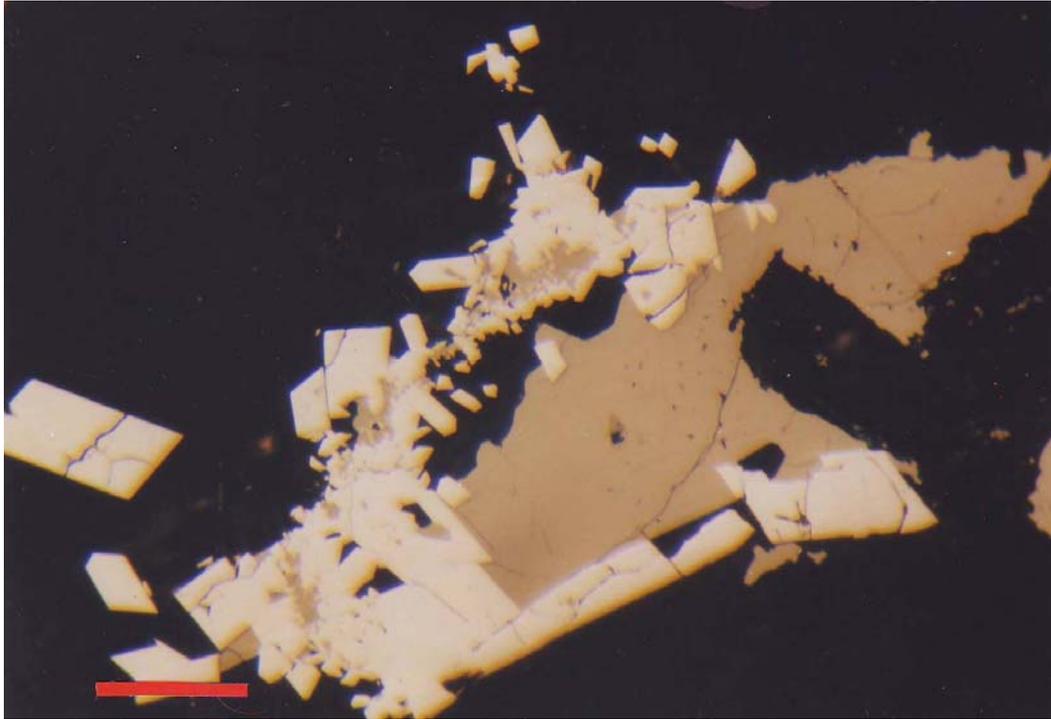


Abb. 21: Arsenopyritkristalle (weiß) verwachsen mit Tetraedrit (grau) in Dolomit (schwarz). Siehe auch Elementverteilungsbilder. Marke: 0.05 mm

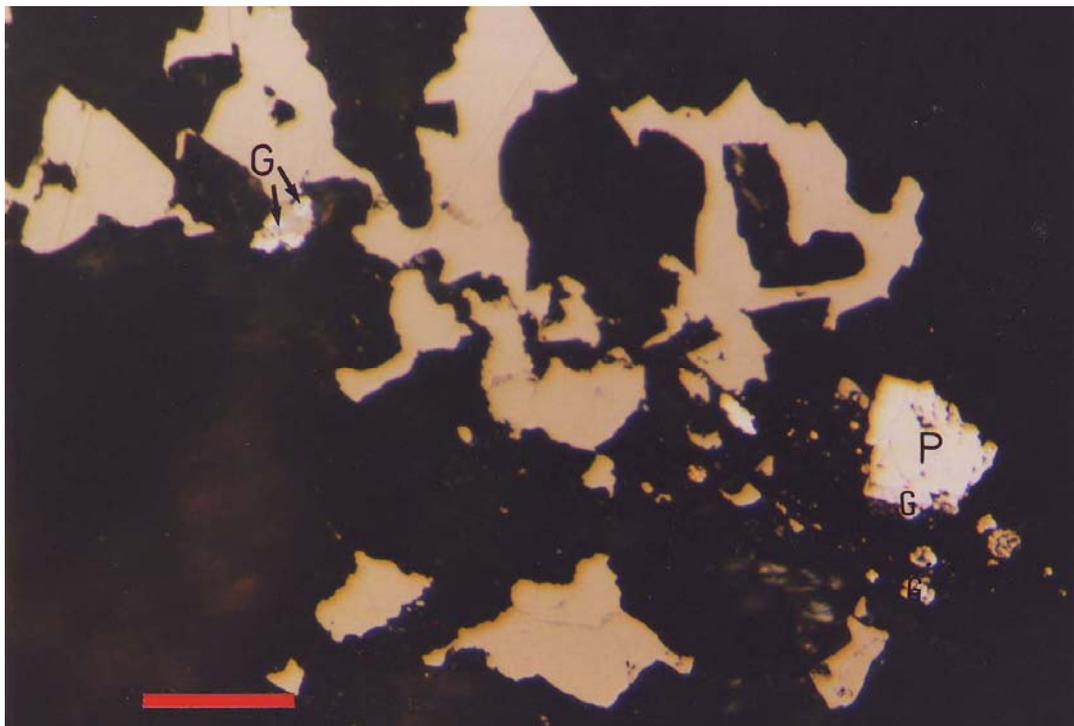


Abb. 22: Tetraedrit (bräunlichgrau) als Imprägnationen in ankeritischer Matrix (schwarz), Pyrit (P) und Gersdorffit (häufig mit Pyrit verwachsen, G). Siehe auch Elementverteilungsbilder. Marke: 0.05 mm

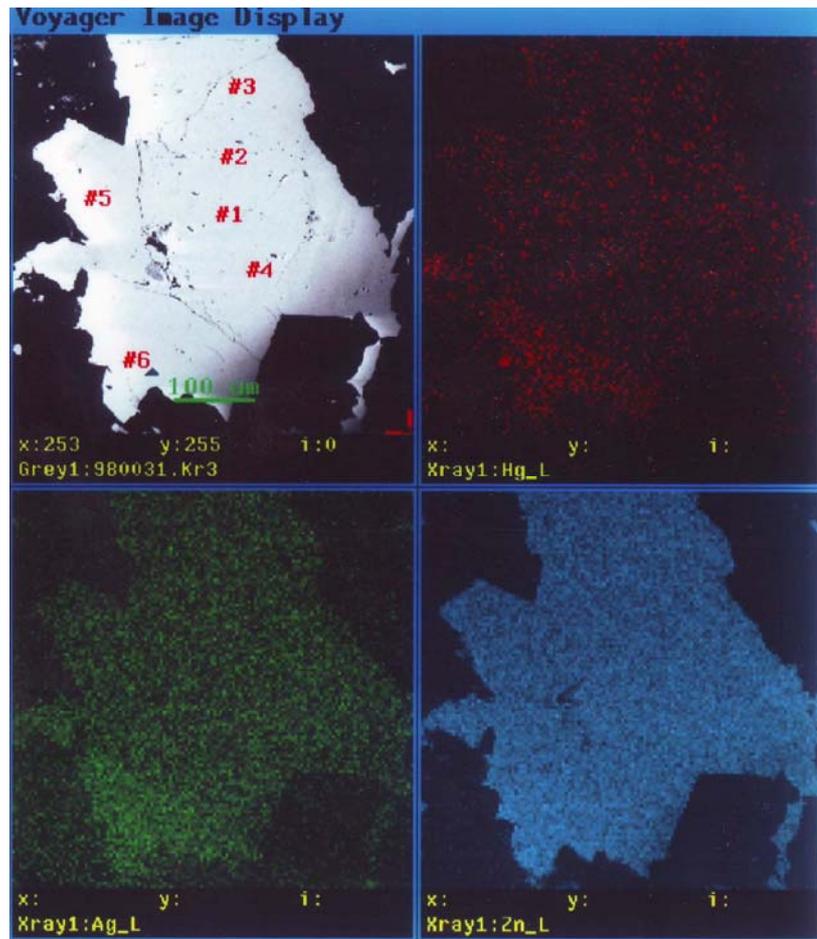


Abb. 23: Elementverteilungsbilder von Quecksilber , Silber und Zink in Tetraedrit .

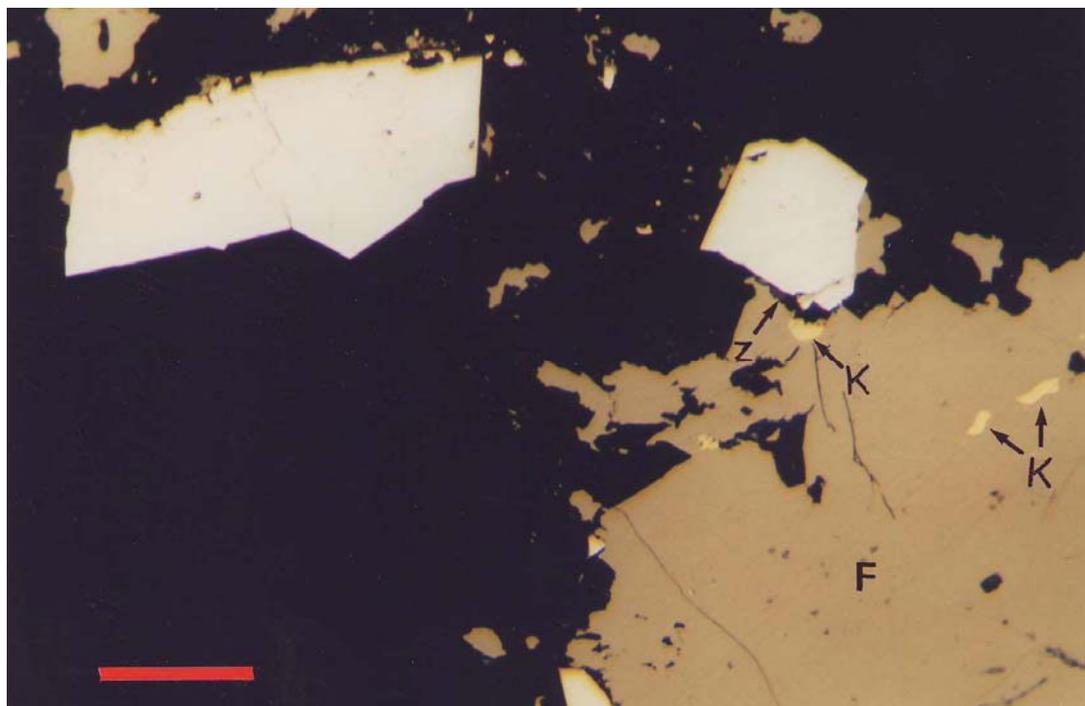


Abb.24: Tetraedrit (F), Chalkopyrit (K), idiomorphe Arsenopyritkristalle (weiß) sowie Cinnabarit (Z) in Dolomitmatrix (schwarz.). Siehe Elementverteilungsbilder. Marke: 0.05 mm

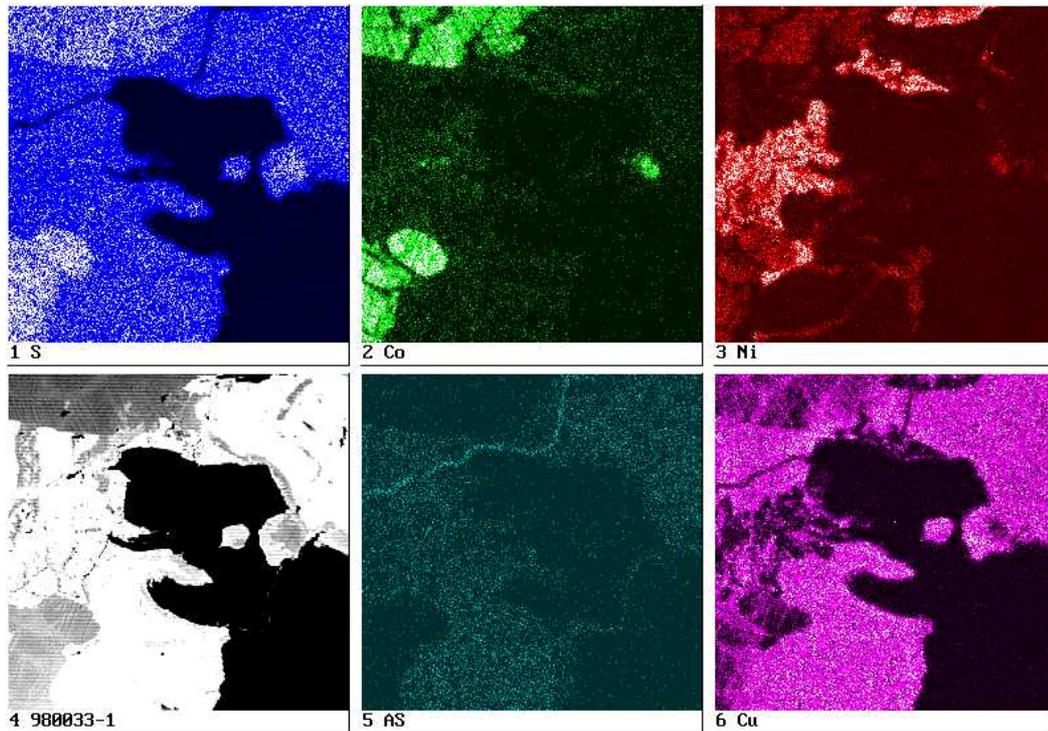


Abb. 25: Elementverteilungsbilder von Schwefel, Kobalt, Eisen, Antimon und Quecksilber in Tetraedrit (1), Chalkopyrit (2) und Ullmannit (3)

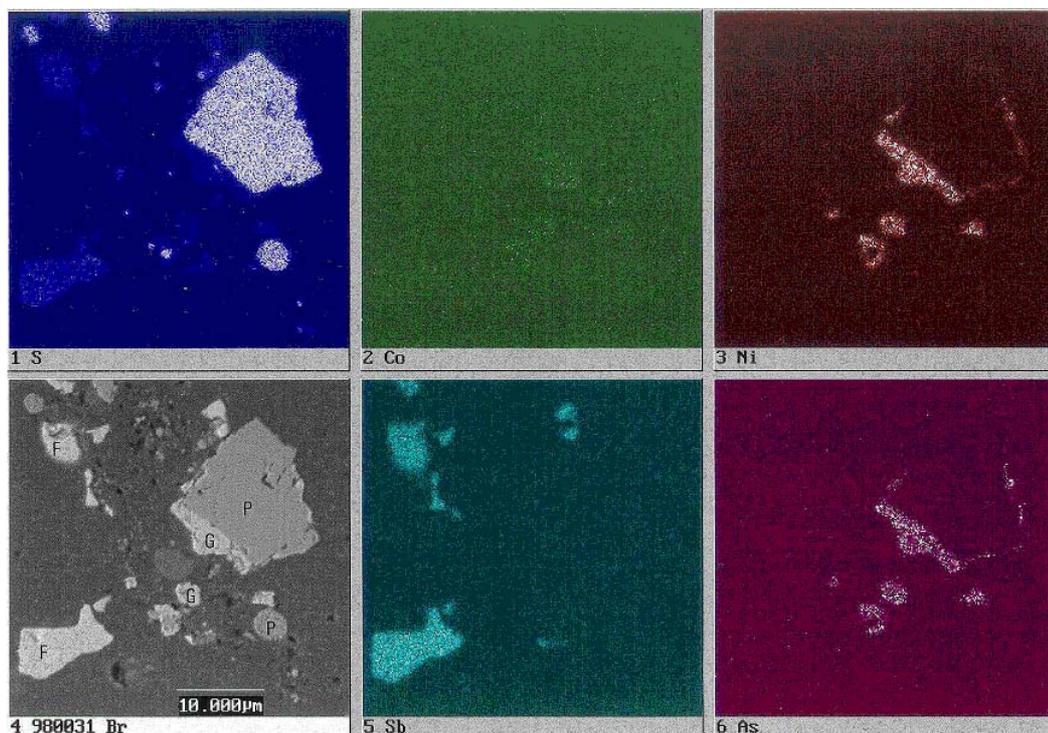


Abb. 26: Elementverteilungsbilder von Schwefel, Kobalt, Nickel, Antimon und Arsen in Pyrit (P), Gersdorffit (G) und Fahlerz (F); unten links Abbildung mittels rückgestreuter Elektronen.

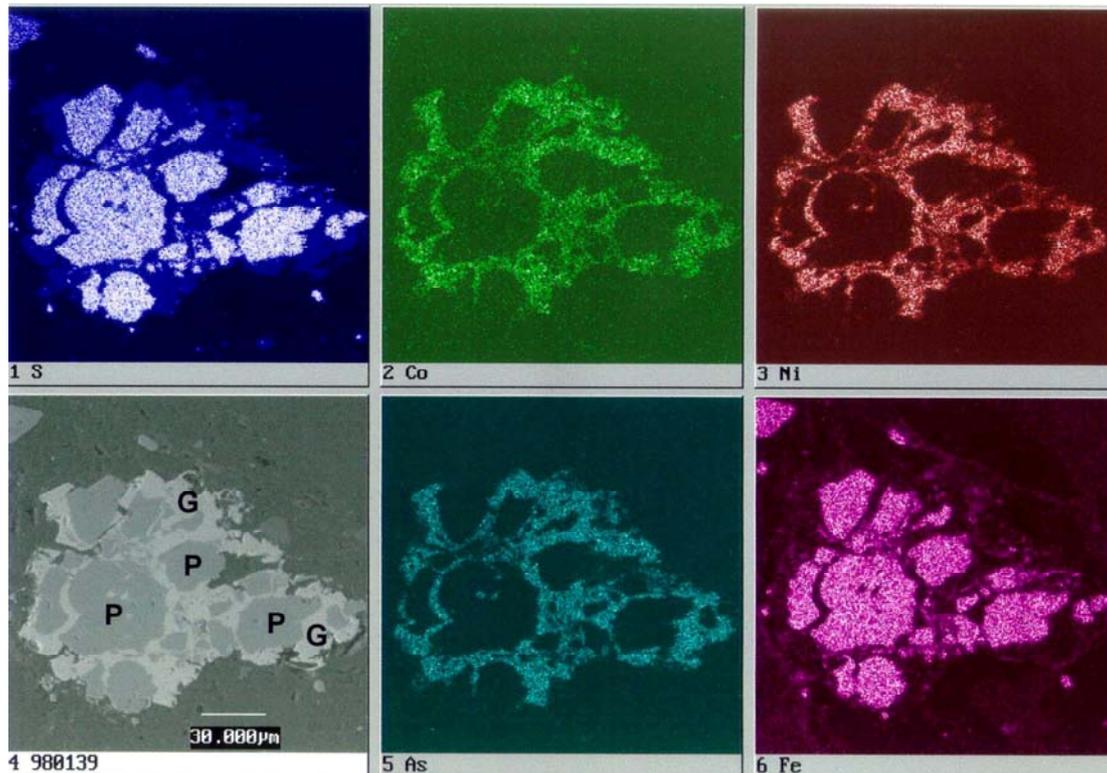


Abb. 27: Elementverteilungsbilder von Schwefel, Kobalt, Nickel, Arsen und Eisen in Pyrit (P), Gersdorffit (G) und Karbonat (Matrix); unten links Abbildung mittels rückgestreuter Elektronen

Die Rückarbeit an Hand dieser Materialien erlaubt, ein detailliertes Bild über einen bestimmten Modelltyp hinsichtlich prinzipiellem Schwermetallangebot, erwartbarer Schwermetallverteilungen, Verwitterungsverhalten und Austragsrisiken zu entwerfen.

Vergleichbare Auswertungen lassen sich aus der Datenbank „Mineralphasen“ für viele Bergbauareale/Vererzungstypen ableiten.

Im Anhang 1 ist exemplarisch die Ergebnisübersicht der Probe 980031 / Erz von einer Halde aus dem Bergbauareal Brunnalm westlich Kitzbühel dokumentiert (in der Form des in der Datenbank integrierten Berichts). Diese Informationen können verknüpft mit Bachsedimentgeochemie (Vorfluter), Bodengeochemie (Halden und unbeeinflusste Randbereiche) und hydrochemische Informationen (Stollenabfluss, Quellen, Quellbäche) und zu einem Gesamt-Modelltyp zusammengeführt werden.

### 4.3 Mineralphasen als technogene Emissions-Indikatoren

Im Zuge der systematischen Untersuchungen musste sehr rasch festgestellt werden, dass kaum ein Gebiet in Österreich frei ist von Staubdepositionen aus technischen Prozessen. Praktisch in allen Boden- und Bach-/Flusssedimentproben, die seit den 80er-Jahren untersucht wurden, wurden technogene Phasen angetroffen. Da in den meisten Fällen technogene Phasen ebenfalls Schwermetallträger darstellen, war es notwendig, diese Phasen näher zu charakterisieren und ihre Haupt- und Spurenelementgehalte zu bestimmen (z.B. PIRKL 1993 und 1995).

Im Zuge dieser, sich dann systematisch entwickelnden Bearbeitung technogener Phasen ergaben sich rasch Hinweise auf Zusammenhänge mit den spezifischen Emittenten. In den Arbeiten NEINAVAIE, PIRKL & TRIMBACHER 2000, PIRKL & NEINAVAIE 2002, sowie TRIMBACHER & NEINAVAIE 2002 wurden diese Erfahrungen fachlich zusammengefasst und für die Abklärung von Emissions-Immissions-Pfaden methodisch aufbereitet.

Gerade für die Beschreibung von Emissions-Immissions-Pfaden haben sich Indikatorphasen herausentwickelt. Eine dieser besonders häufig anzutreffenden, technogenen Indikatorphase ist Calciumferrit. Dieses Eisen-Calcium-Oxid entsteht bei allen Hochtemperaturprozessen (Verhüttung, Verbrennung, Sinterung, u.a.), bei denen Eisen und Calcium vorhanden ist.

In NEINAVAIE, PIRKL & TRIMBACHER 2000 wurde in einer Tabelle auch schon eine erste Zuordnung zwischen Spurenelementgehalten in Calciumferrit einerseits und Emittent andererseits versucht. Durch die Datenaufbereitung in der Datenbank „Mineralphasen“ liegt jetzt ein abgesicherter Ergebnispool vor, aus dem noch weitergehende Schlüsse gezogen werden können.

*Abfrage aus der Datenbank Mineralphasen:  
Alle Proben mit Calciumferrit + Information zu Spurenelementgehalten in Calciumferrit*

<b>Projekt / Gebiet</b>	<b>Emittent</b>	<b>Spurenelemente im Gitter von Calciumferrit</b>
Bachsedimentgeochemie im Umfeld Bleiberg / Arnoldstein Gailitz Nötschbach	Blei-Zink-Verhüttung	Mn, Zn Zn
Bodenprobe Bereich Arnoldstein	Buntmetallverarbeitung und Verbrennungsanlage	Cr, Mn, Ni, P, S, Ti, V
Bodenprobe im Bereich S Bleiburg	Blei-Zink-Verhüttung	Pb, V, Zn
Bachsediment- und Staubproben im Bereich Radenthein	Erzeugung von Feuerfest-Produkten	Cr, Mn, Ti
Boden-, Bachsediment- und Staubproben im Bereich Treibach-Althofen und Krappfeld	Metallrecycling und Sondermetallerzeugung	Cr, Mn, Nb, P, Si, Ta
Bodenproben im Bereich Kappl / Krappfeld	Eisen-/Stahlerzeugung mit Erz aus dem Raum Hüttenberg	As, Co, Cr, Mn, Nb, Ni, P, V
Bodenproben Bereich Klein St.Paul	Zementerzeugung	Cr, Mn, Ni, P, Ti, V, Zn
Bodenproben Bereich Kirchdorf a.d.Krems	Zementerzeugung	Cr, V
Bodenproben Bereich Bichlwang	Zementerzeugung	Cr, V
Bodenproben Bereich Wattens	Glaserzeugung	Cr, V
Bodenproben Bereich Ternitz	Zellstoffherzeugung (Reststoffverbrennung?)	V

Bachsediment-, Boden- und Staubproben im Umfeld Donawitz	Eisen- und Stahlerzeugung mit Erz vom Steir. Erzberg und Altmetall	Cr, Mg, Mn, Ni, P, Si, Ti, V
Bachsediment Vordernbergerbach bei Friedauwerk	Eisenerzeugung	Mn
Bodenprobe Bereich Linz Ost	Eisen- und Stahlerzeugung	Cr
Bodenproben Bereich unteres Mürztal	Eisen- und Stahlerzeugung; Metallverarbeitung	Cr, V

Die Spurenelementgehalte in Calciumferrit sind abhängig von der Art des jeweiligen (Hochtemperatur-)Prozesses, den jeweils eingesetzten Grundstoffen und Hilfsstoffen, sowie dem Betriebszeitraum des Emittenten – das lässt sich deutlich aus der obigen Tabelle herauslesen.

Ein sehr klares Bild ergibt z.B. der Vergleich zwischen den Emissionen der Eisenverhüttung im oberen Vordernberger Tal (Hütten in Vordernberg im 18. und 19. Jhdt.), wo praktisch nur Erz vom Steirischen Erzberg verarbeitet wurde und in Calciumferriten nur Mangan als Spurenelement zu finden ist – auf der einen Seite, und den komplexen Spurenelementverteilungen in Calciumferriten im Umfeld der modernen Eisen-Stahl-Hütte Donawitz, wo zwar ebenfalls Erz vom Steirischen Erzberg eingesetzt wird, daneben aber auch Recyclingmaterial – auf der anderen Seite.

Vanadium als Spurenelement in Calciumferrit kann auch auf den zusätzlichen Einsatz von Ölen bei Verbrennungsprozessen hindeuten.

In den Fällen, in denen sich Emissionen mehrerer technischer Prozesse überlagern, reichen Calciumferrite als Indikatoren meist nicht aus und es sind noch andere Phasen zur Unterscheidung heranzuziehen (wie z.B. Schlacken, globulare Glasphasen, u.a.).

Eine Erweiterung der Bewertung von Emissions-Immissions-Pfaden ermöglichen in den meisten Fällen Schlacken- und oder Glaspartikel in Flugstäuben (letztere auch oft als globulare Partikel). Die Indikatorfunktionen von Calciumferrit und Glasphase ergänzen sich dabei.

*Abfrage aus der Datenbank Mineralphasen:*

*Alle Proben mit Glasphase + Information zu Spurenelementgehalten in Glasphase*

<b>Projekt / Gebiet</b>	<b>Emittent</b>	<b>Spurenelemente im Gitter von Glasphase</b>
Flusssediment Gailitz (bei der Mündung in die Gail)	Eisenverhüttung, Buntmetallverhüttung, Verbrennungsanlage	Ba, Mn, Pb, S, Ti, Zn
Bodenproben Arnoldstein	Buntmetallverhüttung	Pb, Ti, Zn
Bodenproben Bereich Süd Bleiburg	Historische Blei-Zink-Verhüttung	Ba, Cd, Cr, Pb, V, Zn
Boden- und Staubproben Bereich Radenthein	Erzeugung von Feuerfest-Produkten	Cl, Mn, Ti, Zn
Bodenproben im Umfeld Treibach-Althofen	Metallrecycling und Sondermetallerzeugung	Al, Ba, Cl, Cr, Fe, Mn, Ni, S, Si, Ti, V
Boden- und Bachsedimentproben im Umfeld von Brixlegg	Buntmetallverhüttung	Cu, Cr, Mn, Ni, Pb, Zn
Bodenproben im Bereich Oberzeiring	Buntmetallverhüttung	Al, Ca, Fe, K, Pb, S, Si, Ti, Zn
Bodenprobe im Bereich Litzfelden (bei St. Johann in Tirol)	Buntmetallverhüttung	Cu, Zn, Al, Mn, S, Ti
Bodenprobe im Bereich Wattens	Glaserzeugung	Cu, Mn, Pb, Zn
Boden- und Bachsedimentproben im Bereich Donawitz	Eisen-Stahl-Erzeugung	Cl, Cr, Mn, P, S, V

### 4.4 Unterscheidung geogener und anthropogener Schwermetallquellen

Die Unterscheidung ob Schwermetallverteilungen in der Umwelt geogene oder technogene Verursacher besitzen, wird meist mit Hilfe (geo-)chemischer Methoden getroffen. Es gibt kaum Bereiche in Österreich, in denen nicht Staubphasen aus technischen Prozessen zu finden sind. In manchen Forschungsprojekten konnte nachgewiesen werden, dass sich Elementanomalien im gleichen Gebiet überlagernd sowohl aus dem geologischen Untergrund, als auch aus den technogenen Staubdepositionen ableiten lassen (z.B. NEINAVAIE 1989, PIRKL 1993). Es war daher notwendig, Methoden zu entwickeln, die eine sichere Unterscheidung der Emittenten nach geogen oder technogen erlaubt. Eine solche Methodik wurde in der Kombination von mikroskopischer Mineralogie und Mikrochemie gefunden. Damit war es möglich, die Minerale/ Partikel/Phasen im Einzelnen zu beschreiben (Bindungsform, Haupt- und Spurenelemente) und sie ihren Quellen zuzuordnen.

Um die Methodik abgesichert auch an technogenem Material anwenden und den aktuellen Erfahrungsstatus erreichen zu können, war ein langer Entwicklungsweg notwendig (systematische Arbeiten ca. seit 1986). Aktuell sind in der Datenbank mehr als 280 Phasen technogener Ursprungs beschrieben.

Phase	Gruppe	Hauptelemente	Technogen?	Geogen?
Titan-Aluminium-Phosphat	Silikate	Ti, Al, P	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Titan-Aluminium-Silikat	Silikate	Ti, Al	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Titan-Aluminium-Zirkonoxid	Oxide, Hydroxide	Ti, Al, Zr	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Titan-Eisen-Legierung	Metalle, Legierungen	Ti, Fe	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Titan-Eisen-Silizium-Legierung	Metalle, Legierungen	Ti, Fe, Si	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Titanit	Silikate	Ti	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Titanitrid	Sonstige	Ti, N	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Titanoxid	Oxide, Hydroxide	Ti	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Titanphosphid	Sonstige	Ti, P	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Titan-Silizium-Legierung	Metalle, Legierungen	Ti, Si	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Titanosulfid	Sulfide/Sulfate	Ti, S	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Titan-Vanadium-Eisen-Mangan-Mischoxid	Oxide, Hydroxide	Ti, V, Fe, Mn	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Titanwolfram	Oxide, Hydroxide	Ti	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Titan-Zink-Spinell	Oxide, Hydroxide	Ti, Zn, Fe	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tremolit	Silikate	Ca, Mg	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Trochilit	Oxide, Hydroxide	Si	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Tumalin	Silikate	Si	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ullmannit	Sulfide/Sulfate	Ni, Sb	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Uranan	Oxide, Hydroxide	U	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Valentinit	Oxide, Hydroxide	Sb	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Vanadinit	Sonstige	Pb, V, Cl	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Vanadium-Nickel-Eisen-Oxid	Oxide, Hydroxide	V, Ni, Fe	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vanadium-Nickel-Silizium-Legierung	Metalle, Legierungen	V, Ni, Si, Fe	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vanadiumoxid	Oxide, Hydroxide	V	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vanadiumspinell	Oxide, Hydroxide	V, Al	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Willemit	Silikate	Zn	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wismut(Gediegen)	Metalle, Legierungen	Bi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Wismutoxid	Metalle, Legierungen	Bi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Wollam-Chromit	Metalle, Legierungen	W, Cr, Fe	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wollam-Chrom-Vanadium-Eisen-Legierung	Metalle, Legierungen	W, Cr, V, Fe	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wollam-Chrom-Vanadium-Eisen-Mischoxid	Oxide, Hydroxide	W, Cr, V, Fe	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wollam-Eisen-Legierung	Metalle, Legierungen	W, Fe	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wollam-Eisenerzschoid	Oxide, Hydroxide	Fe, W	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wollamit	Sonstige	W, Ca	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Wollam-Molybdän-Eisen-Mischoxid	Oxide, Hydroxide	Fe, W, Mo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wollam-Molybdän-Mischoxid	Oxide, Hydroxide	W, Mo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wollam-Molybdänoxid	Oxide, Hydroxide	W, Mo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wollam-Titan-Silizium-Legierung	Metalle, Legierungen	W, Ti, Si	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wollastonit	Silikate	Ca	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Wurtzit	Sulfide/Sulfate	Zn, Fe	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Wüstit	Oxide, Hydroxide	Fe	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Yttrium	Sonstige	Y, P	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Zinn	Sonstige	Zn	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Zinnoxid	Sonstige	Zn	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Zinkfayalit	Silikate	Zn, Fe, Ca	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zinkferit	Oxide, Hydroxide	Zn, Fe	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Zinkhydroxid	Oxide, Hydroxide	Zn	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zinkit	Oxide, Hydroxide	Zn	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zink-Kupfer-Eisen-Sulfid ?	Sulfide/Sulfate	Zn, Cu, Fe	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zinkoxid	Oxide, Hydroxide	Zn	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abb. 28: Ausschnitt aus der Mineralphasenliste der Datenbank mit Zuordnung zu geogen und technogen

Neben den systematischen Arbeiten in Forschungsprojekten wurden in Eigenforschung durch NEINAVAIE verschiedenste Probenotypen bearbeitet und gezielte, zusätzliche Beprobungen ausgeführt, wie z.B.:

- Mehrfach-Staubproben von freien Oberflächen zu unterschiedlichen Zeitpunkten an vergleichbaren Punkten in direkter Nachbarschaft klar definierter Emittenten (Stahlwerk, Verbrennungsanlage, Bunt-/Sondermetallerzeugung, u.a.)
- Mehrfach-Staubproben aus geschlossenen Räumen oder Dachböden zu unterschiedlichen Zeitpunkten in direkter Nachbarschaft klar definierter Emittenten
- Mehrfachprobenahme von Schneeproben in direkter Nachbarschaft klar definierter Emittenten. Die Information über den staubförmigen Rückstand aus Schneeproben

deckt einen klar beschreibbaren Zeitraum ab (z.B. seit Beginn des letzten Schneefalles).

- Vergleich von Mineralphasenspektren in Flusssedimenten, Boden/Auflage, Boden/Oberboden und direkt benachbarten Überschwemmungssedimenten in räumlichem Zusammenhang
- Gezielte Mineralphasenuntersuchungen an Rückstands-/Schlackenmaterial definierter technischer Prozesse (Verhüttung, Verbrennung, Gießen, Metall-Schleifen, Metall-Fräsen, Metall-Bohren, u.a.)
- Gezielte Komplex-Probenahme (Staubproben von freien Oberflächen, Bodenproben, Schneeproben) in direkter Nachbarschaft der wichtigsten industriell-gewerblichen Emittenten in Österreich

Damit war es möglich, einerseits eindeutig als technogen zugeordnete Phasenspektren zu definieren, sowie andererseits bestimmte Emittenten-Typen zu beschreiben.

Mit dieser Wissensbasis kann wieder die Brücke zu geochemisch-geostatistischen Auswertungen geschlagen werden:

Aus den jeweiligen lokalen oder kleinregionalen Phasenspektren werden die erwartbaren „geochemischen“ Muster (getrennt nach geogen und technogen) beschrieben. Diese Muster werden z.B. multivariaten, statistischen Verrechnungen von bachsedimentgeochemischen oder bodengeochemischen Daten unterlegt. Mit dieser Informationsvernetzung werden logische und sichere Interpretationen von Emissions-Immissions-Pfaden erreichbar.

Angewandt wurde diese kombinierte Methodik zum Beispiel für eine geostatistische Differentialanalyse an bodengeochemischen Daten für das Krappfeld (PIRKL 1993) oder den Bereich Donawitz (PIRKL & NEINAVAIE 2002).

## 5. Fotodokumentation und Mineralphasenatlas

Mehrfach wurde oben bereits beschrieben, wie die Informationen Probe/Mineralphase/ Abbildung datenbankmäßig verknüpft sind. In einer eigenen Tabelle sind Abbildungsnummer, Art der Abbildung und Abbildungsbeschreibung zusammengeführt. Aktuell sind mehr als 3200 Abbildungen datenbankmäßig erfasst. Ein größerer Teil davon ist mit den jeweiligen Mineralphasen bereits verknüpft; ein Teil ist abgespeichert für die weitere und laufende Probenerfassung aus bereits vorhandenen Berichtsunterlagen. Auch das ist wieder ein Hinweis auf die dynamische Entwicklung der Datenbank.

Abbildungen		Beschreibung/Abbildungstitel
Dateiname Eisenerz_13.jpg	Schlacke mit dendritischen Magnetitkristallen und zonal gebauten Vanadiumspinel (V) sowie Glasphase (Matrix). Marke: 0.05 mm	
Abb.-Typ Foto		
Bildgröße		
Schliffart Polierter Anschliff		
Dateiname Eisenerz_14.jpg	Magnetitkristalle (m) u. Hämatit (weiß) werden durch Calciumnitrat (prismatische Kristalle, grau) verdrängt.	
Abb.-Typ Foto		
Bildgröße		
Schliffart Polierter Anschliff	Marke: 0.05 mm	
Dateiname Eisenerz_2.jpg	Schlacke bestehend aus Magnetitdendriten (links im Bild), Wüstit (dendritisch und meist weitgehend durch Eisenhydroxid verdrängt), metallisches Eisen (weiß), Olivinkristalle (Grundmasse) und Glasphase (dunkelgraue Zwischenräume).	
Abb.-Typ Foto		
Bildgröße		
Schliffart Polierter Anschliff	Marke: 0.05 mm	
Dateiname Eisenerz_22.jpg	Metallisches Kupfer (weiß) in Eisenhydroxid (Matrix), oben rechts verwittertes Karbonatkn. Marke: 0.05 mm	
Abb.-Typ Foto		
Bildgröße		
Schliffart Polierter Anschliff		
Dateiname Eisenerz_23.jpg	Metallisches Eisen (weiß) mit Wüstit (V) in Olivenschkristallen (dunkelgrau), Olivin selbst wird durch Eisenhydroxid (hellgrau) verdrängt. Marke: 0.05 mm	
Abb.-Typ Foto		
Bildgröße		
Schliffart Polierter Anschliff		
Dateiname Eisenerz_27.jpg	Stengelige und tafelige Calciumnitratkristalle (C), metallisches Eisen (weiß, meist an Kristallengrenzen) sowie (Fe, Mg, Mn, Ca)Mischoxidphase (Matrix) und Calciumsilikat (schwarz). Marke: 0.05 mm	
Abb.-Typ Foto		
Bildgröße		
Schliffart Polierter Anschliff		
Dateiname Eisenerz_28.jpg	Chromit (links im Bild), Ferrosilicium (weiß) sowie Schlacke, bestehend aus Calciumnitrat (C), RO-R2O3 (R), Calciumsilikat (schwarz) und metallischem Eisen (weiß). Marke: 0.05 mm	
Abb.-Typ Foto		
Bildgröße		
Schliffart Polierter Anschliff		
Dateiname Eisenerz_29.jpg	Blauer Kupferglanz (B) verwachsen mit Hämatit (weiß) und Eisenhydroxid E; rechts und links im Bild Chromitkorn. Marke: 0.05 mm	
Abb.-Typ Foto		
Bildgröße		
Schliffart Polierter Anschliff		

Abb. 29: Ausschnitt aus der Fotodokumentation der Datenbank

In der Abbildungsdokumentation werden verschiedene Foto- und Abbildungstypen erfasst:

- ✓ Fotos von Streupräparaten sowohl für nichtmagnetische als auch magnetische Fraktionen, aufgenommen im Binokular mit Auflicht
- ✓ Fotos von normalen Dünnschliffen und/oder polierten Dünnschliffen, aufgenommen im Mikroskop im Durchlicht
- ✓ Fotos von polierten Dünnschliffen und/oder polierten Anschliffen, aufgenommen im Mikroskop im Auflicht
- ✓ Abbildungen von Elementverteilungen - Elementscans für einzelne Minerale oder Flächenabschnitte aus polierten Dünnschliffen oder Anschliffen mittels Gerätekombination Mikrosonde-EDX

Die jeweiligen Größenverhältnisse sind den einzelnen Abbildungsbeschreibungen zu entnehmen.

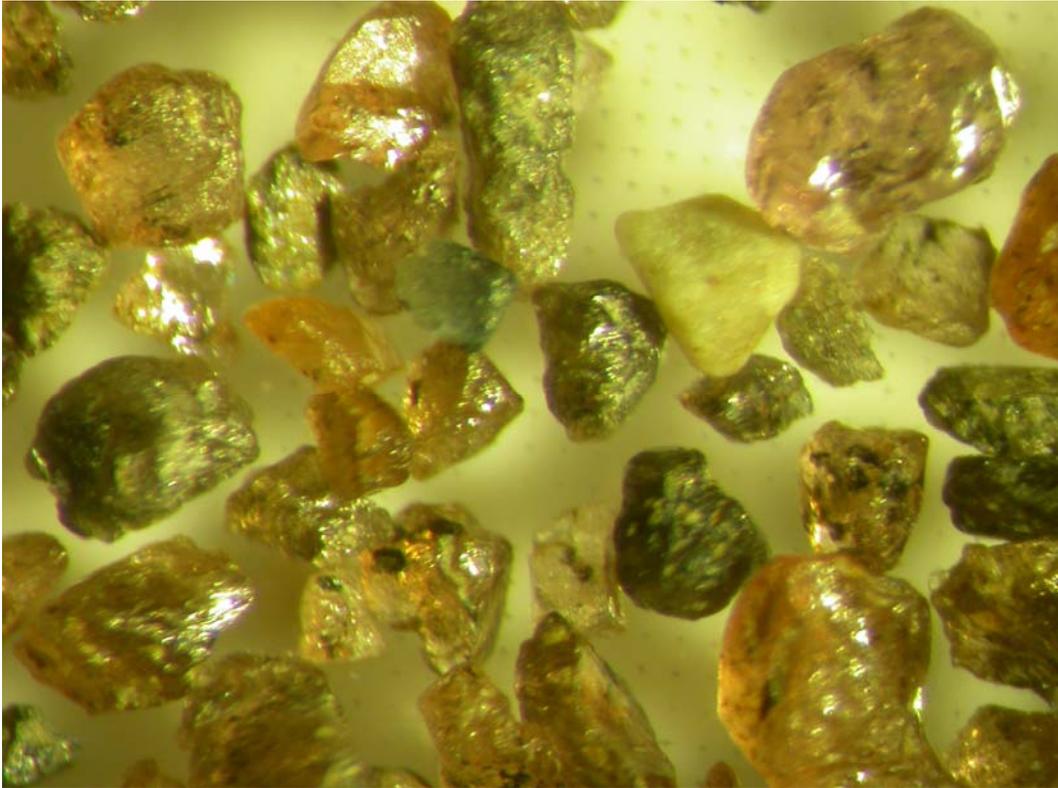


Abb. 30: Beispiel für Abbildung Streupräparat / nicht magnetische Fraktion

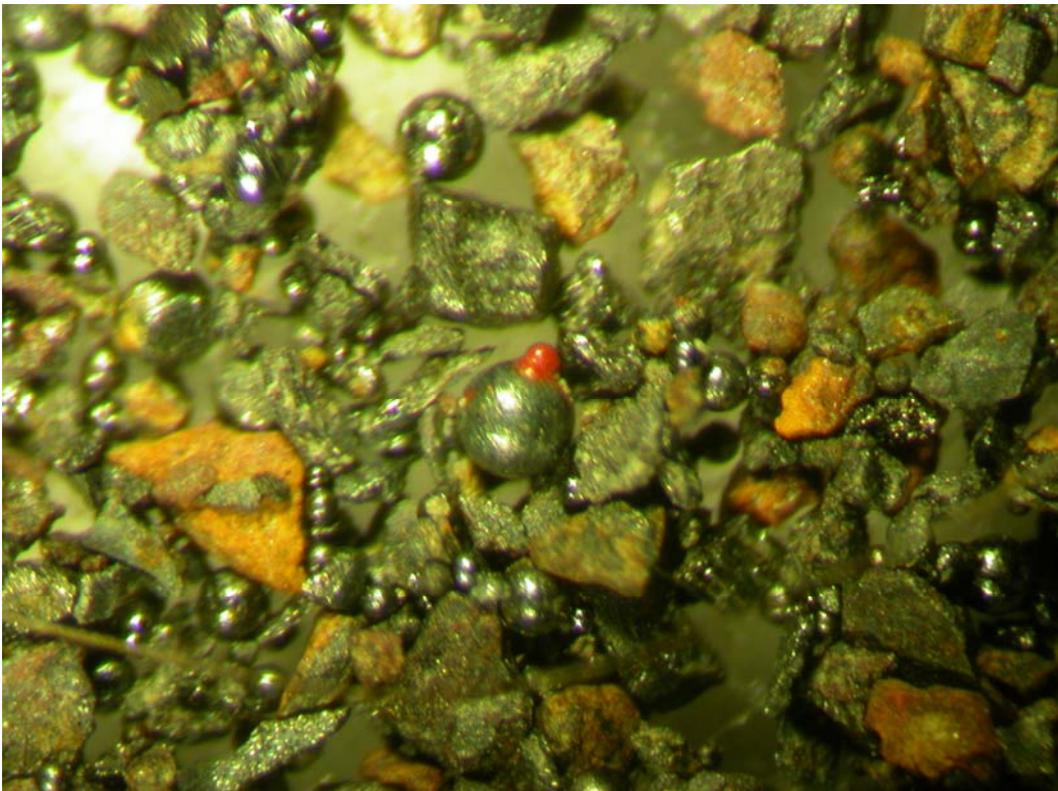


Abb. 31: Beispiel für Abbildung Streupräparat / magnetische Fraktion

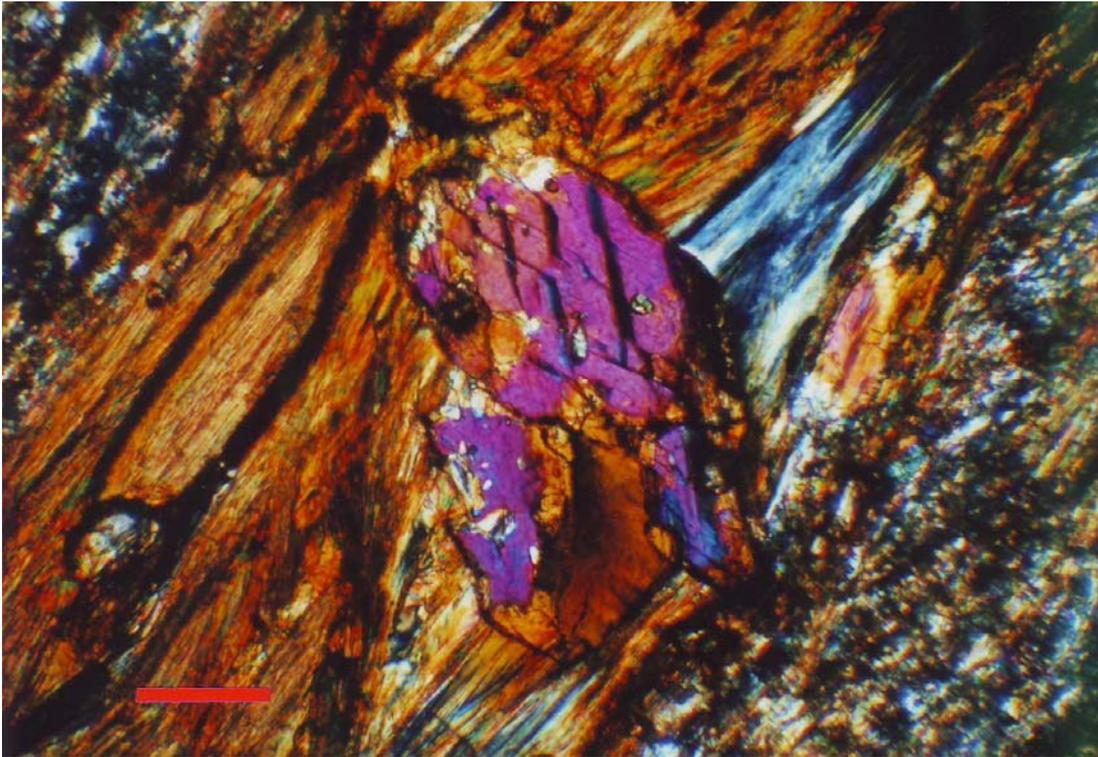


Abb.32: Beispiel für Schlifffoto / Dünnschliff in Durchlicht

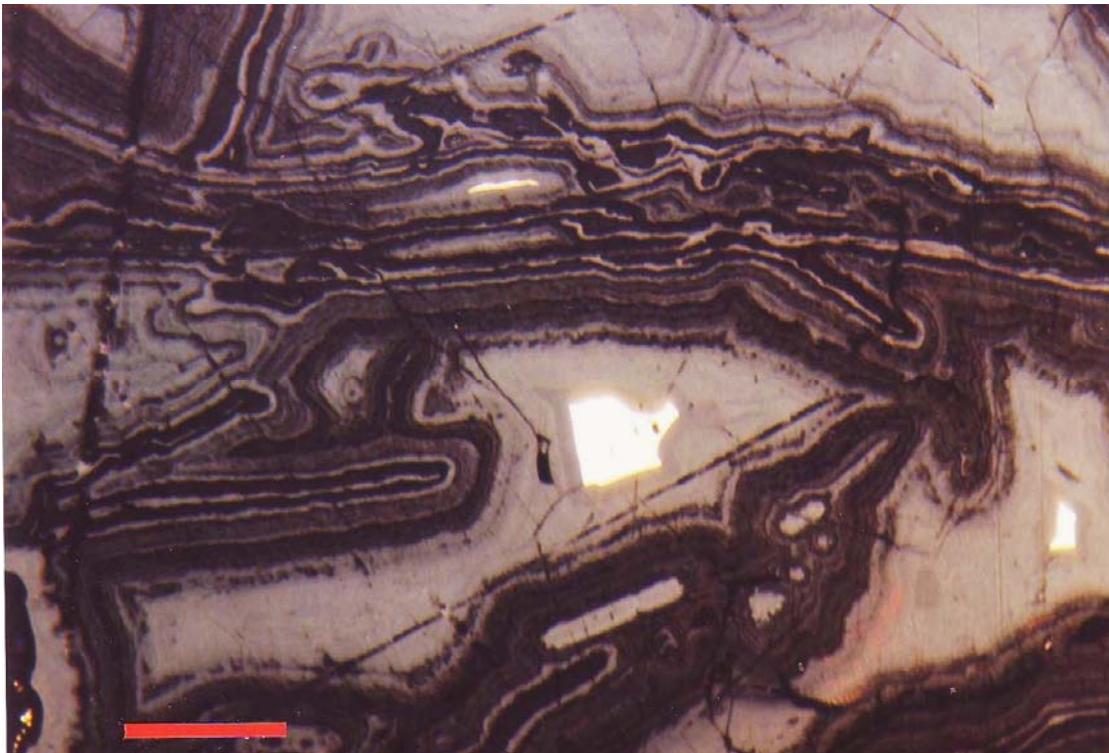


Abb.33: Beispiel für Schlifffoto / polierter Dünnschliff in Auflicht

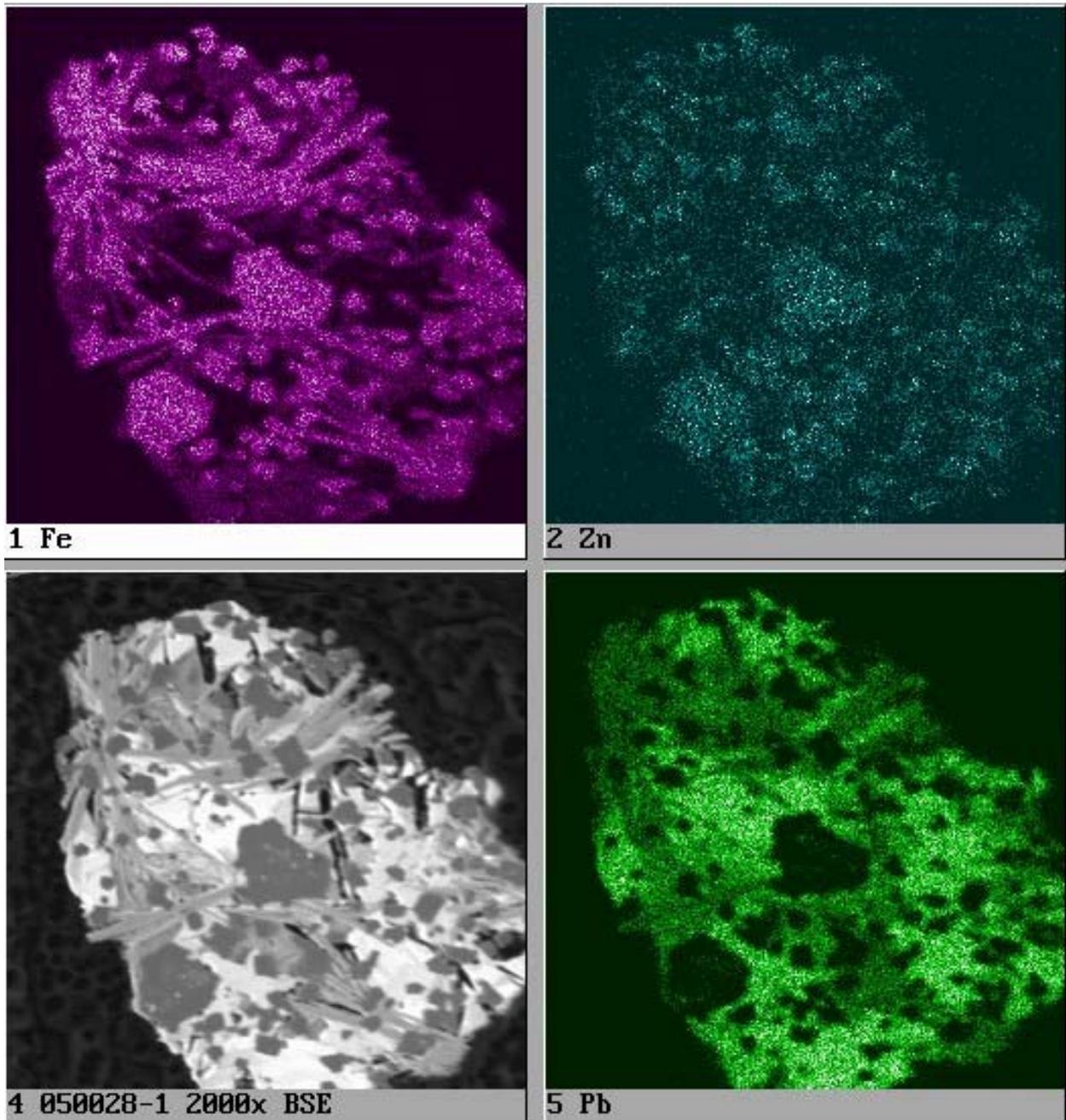


Abb. 34: Beispiel für Elementverteilung / Elementscan mit Gerätekombination Mikrosonde-EDX

## 6. Berichte und Publikationen

(mit Dokumentationen entsprechender mineralogischer Untersuchungen)

HEINRICH, M., KLEIN, P., LIPIARSKI, P., NEINAVAIE, H., PFLEIDERER, S., PIRKL, H., REITNER, H. & WIMMER-FREY-I.:

Ergänzende Erhebung und zusammenfassende Darstellung des geogenen Naturraumpotentials im Bezirk Tulln. Bericht über die Arbeiten im 2. Projektjahr (2006).-  
Unveröffentl. Bericht Geolog. Bundesanstalt, Wien 2006

KLEIN, P.; PIRKL, H., NEINAVAIE, H. & SCHEDL, A.:

Umweltgeochemische Untersuchung der Bach- und Flusssedimente Vorarlbergs auf Haupt- und Spurenelemente zur Erfassung und Beurteilung geogener und anthropogener Schadstoffbelastungen ("Umweltgeochemie Vorarlbergs"). Jahresbericht 2004.-  
Unveröffentl. Bericht Geol. Bundesanstalt, Wien 2004

KLEIN, P.; PIRKL, H.; NEINAVAIE, H.; SCHEDL, A. & ATZENHOFER, B.:

Umweltgeochemische Untersuchung der Bach- und Fluss-Sedimente Vorarlbergs auf Haupt- und Spurenelemente zur Erfassung und Beurteilung geogener und anthropogener Schadstoffbelastungen („Umweltgeochemie Vorarlbergs“). Endbericht. –  
Unveröffentl. Bericht Geol. Bundesanstalt, Wien 2005

NAGL, CH. (Projektl.), KUTSCHERA, U., PLACER, K., SCHNEIDER, J., SPANGL, W., TRIMBACHER, C., WINTER, B. & NEINAVAIE, H.:

Statuserhebung zur Belastung durch Staubbiederschlag sowie Blei und Cadmium im Staubbiederschlag im Raum Arnoldstein im Jahr 2002.-  
Unveröffentl. Bericht Umweltbundesamt, Wien 2006

NEINAVAIE, H.:

Testweise Mikrosondenuntersuchungen an Ti-haltigen Schwermineralphasen im Gebiet Brückl/Wandelitzen in Hinblick auf begleitende Sonderelemente.-  
Unveröffentl. Bericht VOEST-ALPINE, Eisenerz 1988

NEINAVAIE, H.:

Anomale Elementanreicherungen in Bodenproben im Raum Leoben-Trofaiach-St. Michael-Kraubath.-  
Unveröffentl. Bericht VOEST-ALPINE, Eisenerz 1989

NEINAVAIE, H.:

Mineralphasenuntersuchungen von Deponiematerial des Stahlwerkes Judenburg.-  
Unveröffentl. Bericht VOEST-ALPINE, Eisenerz 1990

NEINAVAIE, H.:

Standardisierung der Untersuchungstechnik zur geochemischen Kartierung und bei Umweltgeochemie in Kalkarealen. Bodenprobe Nr.66/Umweltbundesamt.-  
Unveröffentl. Bericht VOEST-ALPINE, Eisenerz 1991a

NEINAVAIE, H.:

Mineralphasenuntersuchungen an Sinterproben – Donawitz.-  
Unveröffentl. Bericht VOEST-ALPINE, Eisenerz 1991b

NEINAVAIE, H.:

Verifizierung von 12 geochemischen Anomalien mittels Mineralphasenanalytik am Beispiel der Elemente Titan, Niob, Wolfram, Zinn u.a.-  
Unveröffentl. Bericht VOEST-ALPINE, Eisenerz 1991c

NEINAVAIE, H.:

Mineralphasenuntersuchungen an Konverterausbruchmaterial zur Klärung des Zink- und Bleigehaltes (Linz).-  
Unveröffentl. Bericht VOEST-ALPINE, Eisenerz 1991d

NEINAVAIE, H.:

Mineralphasenuntersuchungen an Sinterproben – Donawitz.-  
Unveröffentl.Bericht VOEST-ALPINE, Eisenerz 1991e

NEINAVAIE, H.:

Mineralphasenuntersuchungen an Bleischlacke, pelletiertem Flugstaub sowie magnetischer Fraktion von Bodenproben aus dem Gebiet Zerjav/Slowenien.-  
Unveröffentl.Bericht VOEST-ALPINE, Eisenerz 1992

NEINAVAIE, H.:

Verifizierung der anomalen Schwermetallgehalte in Boden- und Gesteinsproben. Projekt Alpe-Adria.-  
Unveröffentl.Bericht VOEST-ALPINE, Eisenerz 1993a

NEINAVAIE, H.:

Mineralphasenuntersuchungen an ausgewählten Proben (Mineralböden/Auflagenhorizonte) im Gebiet Krappfeld/Kärnten zwecks Verifizierung geogener und technogener Schwermetallgehalte.-  
Unveröffentl.Bericht GEOÖKO, Eisenerz 1993b

NEINAVAIE, H.:

Mineralphasenuntersuchungen an ausgewählten Proben (Mineralböden und Auflagehorizonte) im Gebiet Krappfeld/Kärnten zwecks Verifizierung geogener und technogener Schwermetallgehalte.-  
Unveröffentl.Bericht GEOÖKO, Eisenerz 1993c

NEINAVAIE, H.:

Mineralogisch-phasenanalytische Bearbeitung von ausgewählten Bodenprobenpunkten und Haldenmaterialien als Instrument kausalanalytischer Bewertung von Schwermetallgehalten und deren Zuordnung zu ihren Emissionsquellen. Teilbericht zu Forschungsprojekt „Bodengeochemie zur Bodenzustandserhebung – Umweltbestandsaufnahme im Gebiet des Voitsberger-Köflacher Beckens“  
Unveröffentl.Bericht GEOÖKÖ, Eisenerz 1994a

NENAVAIE, H.:

Mineralphasenuntersuchung als Werkzeug für gezielte Ansprache und Bewertung geogener und technogener Schwermetallverteilungen.-  
Unveröffentl.Bericht GEOÖKO, Eisenerz 1994b

NEINAVAIE, H.:

Sedimentuntersuchungen am Vordernbergerbach im Abschnitt Donawitz als Teilschritt zur Bewertung der Gewässerbeschaffenheit.-  
Unveröffentl.Bericht GEOÖKO, Eisenerz 1994c

NEINAVAIE, H.:

Mineralogisch-phasenanalytische Bearbeitung von Sedimentproben des Vordernbergerbaches.-  
Unveröffentl.Bericht GEOÖKO, Eisenerz 1994d

NEINAVAIE, H.:

Mineralphasenuntersuchungen in Auflage/Oberboden, Bereich Jesenice (Slowenien).-  
Unveröffentl.Bericht GEOÖKO, Eisenerz 1995a

NEINAVAIE, H.:

Mineralphasenuntersuchungen in Auflage/Oberboden und Haldenmaterialien, Bereich Bleiburg/Lavamünd (Kärnten).-  
Unveröffentl.Bericht GEOÖKO, Eisenerz 1995b

NEINAVAIE, H.:

Mineralphasenuntersuchungen in Böden und Sedimenten, Bereich Plomin (Kroatien). -  
Unveröffentl.Bericht GEOÖKO, Eisenerz 1995c

NEINAVAIE, H.:

Ergebnisbericht zur mineralogischen Untersuchung von zwei Proben Entschwefelungsschlacke. -  
Unveröffentl.Bericht GEOÖKO, Eisenerz 1995d

NEINAVAIE, H.:

Mineralphasenuntersuchungen in Auflage/Oberboden, Bereich Velenje (Slowenien).-  
Unveröffentl.bericht GEOÖKO, Eisenerz 1995e

NEINAVAIE, H.:

Mineralogische Untersuchungen von Haldenmaterialien im Rahmen des Forschungsprojektes ÜLG40.  
Zwischenbericht. -  
Unveröffentl. Bericht GEOÖKO, Eisenerz 1996

NEINAVAIE, H.:

Mineralphasenuntersuchungen an zwei LD-Konverterschlacken zur Abklärung der Schwefel- und  
Phosphorbindungsformen.-  
Unveröffentl.Bericht GEOÖKO, Eisenerz 1998a

NEINAVAIE, H.:

Mineralogische Untersuchungen an Härteablagerungen.-  
Unveröffentl.Bericht GEOÖKO, Eisenerz 1998b

NEINAVAIE, H.:

Mineralphasenuntersuchungen an Kompostmaterial. -  
Unveröffentlich Bericht GEOÖKO, Eisenerz 1999

NEINAVAIE, H. & PFEFFER, W.:

Prospektion 1986 auf W, Mo und Sn in ausgewählten Gebieten des Mühl- und Waldviertels.-  
Unveröffentl.Bericht VOEST-ALPINE, Eisenerz 1987a

NEINAVAIE, H. & PFEFFER, W.:

Wolfram- und Molybdänprospektion 1985 in Teilen Nordtirols, Osttirols, Kärntens, Salzburgs und der  
Steiermark sowie petrographische Untersuchungen an aufgefundenen Vererzungen im Arbeitsgebiet.-  
Unveröffentl.Bericht VOEST-ALPINE, Eisenerz 1987b

NEINAVAIE, H. & PIRKL, H.:

Dateninterpretation von Schwermetallen anhand von Sedimentuntersuchungen und Geostatistik an  
ausgewählten WGEV-Messstellen in Salzburg.-  
Unveröffentl.Bericht im Auftrag BMLF, GEOÖKO, Eisenerz 1995b

NEINAVAIE, H. & PIRKL, H.:

Bewertung von Schwermetallverteilungen in Böden und Flusssedimenten mit Hilfe angewandt minera-  
logischer und geostatistischer Werkzeuge.-  
Berichte Geol.Bundesanstalt, 34, Wien 1996b

NEINAVAIE, H. & PIRKL, H.:

Geowissenschaftliche Bewertung von Belastungsrisiken im Bereich Schlackenbergl/Münichtal.-  
Unveröffentl.Bericht GEOÖKO, Eisenerz 1997a

NEINAVAIE, H. & PIRKL, H.:

Geochemisch-mineralogische Charakterisierung von ausgewählten Einzugsgebieten in Niederöster-  
reich. Obere Piesting-Ybbs-Umraum Retz.-  
Unveröffentl.Bericht GEOÖKO, Wien 2001

NEINAVAIE, H., PIRKL, H., SCHEDL, A., HELLERSCHMIDT-ALBER, J., ATZENHOFER, B.,  
GSTREIN, P., HANSER, E. & WILFING, H.:

Screening und Bewertung von ehemaligen Bergbau- und Hüttenstandorten hinsichtlich Umweltrisiko  
und Folgenutzungspotential durch einen integrierten geowissenschaftlich-humanbiologischen Ansatz  
am Beispiel der Kitzbühler Alpen. 2.Zwischenbericht.-  
Unveröffentl.Bericht Geol.Bundesanstalt, Wien 1999

NEINAVAIE, H., PIRKL, H., SCHEDL, A., HELLERSCHMIDT-ALBER, J., ATZENHOFER, B., KLEIN,  
P., GSTREIN, P., HANSER, E. & WILFING, H.:

Screening und Bewertung von ehemaligen Bergbau- und Hüttenstandorten hinsichtlich Umweltrisiko  
und Folgenutzungspotential durch einen integrierten geowissenschaftlich-humanbiologischen Ansatz  
am Beispiel der Kitzbühler Alpen. 3.Zwischenbericht.-

Unveröffentl. Bericht Geol. Bundesanstalt, Wien 2000

NEINAVAIE, H., PIRKL, H. & TRIMBACHER, C.:  
Herkunft und Charakteristik von Stäuben.-  
Berichte Umweltbundesamt, BE-171, Wien 2000

NEINAVAIE, H., PIRKL, H. & UMFER, TH. :  
Naturraumressourcen und Umweltsituation der Gemeinde Eisenerz – naturwissenschaftliche Basis für  
einen Imagewandel der Region. Jahresendbericht für das 2. Projektjahr.-  
Unveröffentl. Bericht im Auftrag Amt der Steierm. Landesregierung, GEOÖKÖ, Eisenerz 1997

NEINAVAIE, H. & SCHEDL, A.:  
Individual particle analysis of attic dust samples from Slovenia by means of integrated mineralogical  
techniques (case studies).-  
Unveröffentl. Bericht Geolog. Bundesanstalt, Wien 2005

NEINAVAIE, H. & SCHEDL, A.:  
Mineralphysenanalytische Untersuchung von Flusssedimenten (Schwermineralfraktion) aus Ver-  
gleichs-beprobungen im Bereich der Drau/Drava (Slowenien, Kroatien) und der Mur/Mura (Kroatien).-  
Unveröffentl. Bericht Geolog. Bundesanstalt, Wien 2006

PIRKL, H.:  
Beschreibung des Bodenzustandes im Krappfeld hinsichtlich Problemelementbelastung in Abhängig-  
keit des geogenen Angebots bzw. der anthropogenen Beeinflussung sowie die Bewertung von Böden  
in der Funktion als Schutzschicht über dem Grundwasser. Abschlussbericht.-  
Unveröffentl. Bericht, Eisenerz 1993b

PIRKL, H.:  
Standardisierung der Untersuchungstechnik zur geochemischen Kartierung und bei Umweltgeoche-  
mie in Kalkarealen. 2. Phase.-  
Unveröffentl. Bericht, Eisenerz 1995

PIRKL, H. & LIPIARSKI, P.:  
Systematische Bachsedimentgeochemie Österreichs Kornfraktion 180µm (Zeitraum 1978 bis 2007).  
Erläuterungen zur Datenbank.-  
Unveröffentl. Bericht Geolog. Bundesanstalt, Wien 2007

PIRKL, H. & NEINAVAIE, H.:  
Mineralogisch-geochemische Methoden zur Bewertung der Umweltrelevanz in Staubdepositionen.-  
Unveröffentl. Bericht GeoÖko, Wien 2002

SCHEDL, A., MAURACHER, J., ATZENHOFER, B., NEINAVAIE, H., RABEDER, J. & LIPIARSKI, P.:  
Systematische Erhebung von Bergbauen und Bergbauhalden mineralischer Rohstoffe im Bundesge-  
biet („Bergbau-/Haldenkataster“). Bundesland Kärnten.-  
Unveröffentl. Bericht Geolog. Bundesanstalt, Wien 2004

TRIMBACHER, C. & NEINAVAIE, H.:  
Identifizierung und Versuch einer Quellenzuordnung von Staubpartikeln mittels integrierter mineralogi-  
scher und rasterelektronenmikroskopischer Analytik. Graz – Don Bosco.-  
Unveröffentl. Bericht Umweltbundesamt, Wien 2001

TRIMBACHER, C. & NEINAVAIE, H.:  
Studie zur Ermittlung der Herkunft von Stäuben an sechs ausgewählten Messpunkten in Graz.-  
Unveröffentl. Bericht im Auftrag Amt der Steierm. Landesregierung Fachabteilung 1a, Umweltbundes-  
amt/Geologische Bundesanstalt, Wien 2002

## **Anlage 1**

**Beispiel – Berichtsausdruck Probe 910890  
(NW Althofen – Bodengeochemie Krappfeld)**



# Mineralphasenatlas

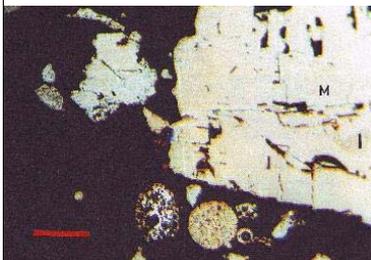
Projekt	Bodengeochemie Krappfeld		
Probentyp	Bodenprobe / Organ. Auflage	RW BMN M31	535140
PROBE_	910890	HW BMN M31	194868
LOKALIT	NW Althofen		
ERGEBNIS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sehr viel metallisches Nickel und (Ni, Fe)-Legierungen als tropfenförmige Einschlüsse in Glasphasen sowie als leistenförmige bis tafelige Partikel (sehr feinkörnig)</li> <li>- Viel globulare Partikeln (meist mit Beimengungen von Ni, W, Mo, Cr, Mn und V).</li> <li>- Viel nickelhaltige glasige und kristalline Phasen.</li> <li>- Das Fehlen von Konverterschlacken.</li> <li>- Häufig globulare hohlkugelige, Koksflugaschen.</li> </ul>		
BERICHT	PIRKL, H.: Beschreibung des Bodenzustandes im Krappfeld hinsichtlich Problemelementbelastung in Abhängigkeit des geogenen Angebotes bzw. der anthropogenen Beeinflussung sowie die Bewertung von Böden in der Funktion als Schutzschicht über dem Grundwasser.- Unveröff.Bericht i. A. BMWuF u. Amt d. Kärntner Landesreg., Wien-Eisenerz 1993		

## Liste der Mineralphasen

Phase	G/T*	Hauptelemente	Spurenelemente	Häufigkeit**	Anmerkungen	Anzahl Grafike
Anatas	G	Ti		k.A.		0
<b>Metalle, Legierungen</b>						
Eisen-Nickel-Legierung	T	Ni, Fe		k.A.		0
metallisches Eisen	T	Fe	Co,Cu,Mn,Ni, Si	k.A.		3
metallisches Nickel	T	Ni	Co,Cr,Cu,Fe, Si	k.A.		2
metallisches Silizium	T	Si		k.A.		0
metallisches Vanadium	T	V		k.A.		0
<b>Oxide, Hydroxide</b>						
Chromit	T	Cr, Fe, Mg, Al	Ni	k.A.		0
Eisenhydroxide	G	Fe		k.A.		2
Hämatit	B	Fe		k.A.		1
Ilmenit	G	Fe, Ti		k.A.		2
Korund	T	Al		k.A.		1
Leukoxen	G	Ti		k.A.		0
Magnetit	B	Fe		k.A.		3
RO-Phase	T	Ca, Fe, Mn, Mg		k.A.		0
Rutil	G	Ti		k.A.		0
Wolfram-Molybdän-Eisen-Mischoxid	T	Fe, W, Mo	Al,Ca,Cr,Fe,Mn,Mo,Na,V,W, Yb	k.A.		2
Wüstit	T	Fe		k.A.		3
<b>Silikate</b>						

Phase	G/T*	Hauptelemente	Spurenelemente	Häufigkeit**	Anmerkungen	Anzahl Grafike
Biotit	G	K, Mg, Fe, Al		k.A.		0
Chlorit	G	Fe, Mg, Al		k.A.		0
Glasphase	T	Al, Ca, K, Fe, Mg, Si	Al, Mg, Ni	k.A.		0
Granat	G	Fe, Ca, Mn, Mg		k.A.		0
Nickelsilikat	T	Ni	Al, Md	k.A.		0
Olivinmischkristalle	T	Ca, Mn, Fe, Mg		k.A.		0
Plagioklas	G	Ca, Na, Al		k.A.		0
Titanit	G	Ti		k.A.		0
Zirkon	G	Zr		k.A.		0
<b>Sonstige</b>						
Apatit	G	Ca, F, P		k.A.		0
Eisenkarbonate	G	Fe, Ca; Mg		k.A.		0
Koks	T	C		k.A.		0
<b>Sulfide, Sulfate</b>						
Pyrrhotin	G	Fe		k.A.		0
<b>Typische technogene Bestandteile</b>						
Globulare Partikel	T			k.A.		3
Zundermaterial	T	Fe, Mn		k.A.		0

\* G=Geogen; T=Technogen; B=beides    \*\* + .... +++++ = wenig Häufig ... sehr Häufig



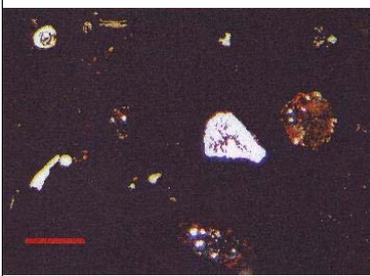
910890\_1.jpg

Magnetit (M) wird durch Hämatit (weiß) verdrängt. Ovale Korn aus metall. Eisen (weiß) und Wüstitsaum (graubraun), Globulare (Fe, W, Mo, V, Cr)-Mischoxid (rechts vom ovals Korn), Ilmenit (I) als Einschlüsse in Magnetit, Wüstit (unten links) und Fe-Hydroxi



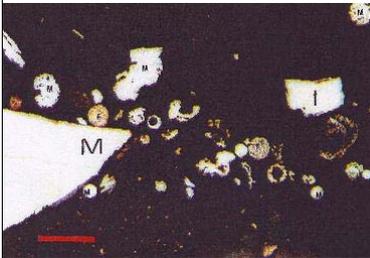
910890\_2.jpg

Leistenförmiges metall. Nickel (weiß) neben geogenem Magnetit (großes Korn), metall. Eisen (weiß, oben rechts) und Eisenhydroxid (links im Bild). Marke: 0.05 mm



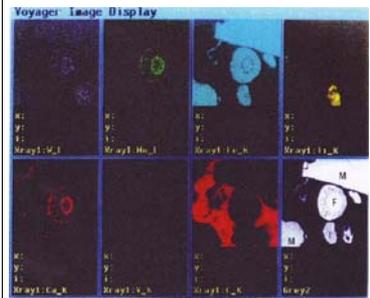
910890\_3.jpg

Metall. Nickel als Einschlüsse in Korund (rechts und unten im Bild) und als tafeliges Korn (weiß)., metall. Eisen (links im Bild, leistenförmig) und globularer Wüstit. Marke: 0.05 mm



910890\_4.jpg

Geogene und globulare Magnetitkörner (M), (W, Mo, Fe)- Mischoxid (F), metall. Eisen (oben links) und Wüstit (meist hohlkugelig) und Ilmenit (I). Siehe Elementverteilungsbilder. Marke: 0.05 mm



911890\_1.jpg

Elementverteilungsbilder von W , Mo , Fe , Ti , Ca , V und C in (W;Mo;Fe)-Mischoxid, Magnetit und Ilmenit. Siehe auch Abb. 910890\_4

## **Anlage 2**

**Beispiel – Berichtsausdruck Probe 980031  
(Brunnalm – Screening und Bewertung von  
ehemaligen Bergbau – und Hüttenstandorten)**



# Mineralphasenatlas

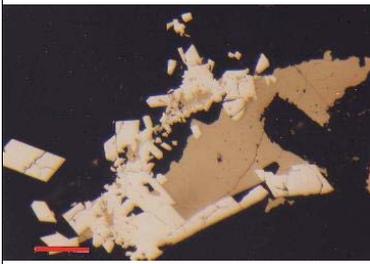
<b>Projekt</b>	Screening und Bewertung von ehemaligen Bergbau- und Hüttenstandorten - Kitzbühler Alpen Projekt MU 7- T/TU 17a		
<b>Probentyp</b>	Gesteinsprobe	RW BMN M31	375515
<b>PROBE_</b>	980031	RW BMN M31	251787
<b>LOKALIT</b>	Brunnalm, südl. Innere Brunnalm-Niederleger, Halde 39		
<b>ERGEBNIS</b>	Nebengestein : Feinkörniger grauer Dolomit (z.T. kohlenstoff- und Pyritframboidhaltig ), Dolomit wird häufig von Ankerit-Quarzgängchen durchschwärmt Die Proben 980031 (Halde 39), 980032 und 980139 (Halde 28 ), 980099 und 980100 (Bachgeschiebe ) wurden zusammengefaßt		
<b>BERICHT</b>	NEINAVAIE, H.; PIRKL, H.; SCHEDL, A.; HELLERSCHMIDT-ALBER, J.; ATZENHOFER, B., KLEIN, P., GSTREIN, P., HANSER., E. & WILFING, H.: Screening und Bewertung von ehemaligen Bergbau- und Hüttenstandorten hinsichtlich Umweltrisiko und Folgenutzungspotentialen durch einen integrierten geowissenschaftlich-humanbiologischen Ansatz am Beispiel der Kitzbühler Alpen (Proj. MU7/TU17). - Wien 1999, 2000, 2001.		

## Liste der Mineralphasen

Phase	G/T*	Hauptelemente	Spurenelemente	Häufigkeit**	Anmerkungen	Anzahl Grafike
<b>Oxide, Hydroxide</b>						
Antimon-Kupfer-Arsen-Oxid	G	Sb, Cu, As		k.A.		0
Erythrin	G	Co, As		k.A.		0
Stibiconit	G	Sb		k.A.		0
<b>Silikate</b>						
Quarz	G	Si		k.A.		0
<b>Sonstige</b>						
Ankerit	G	Fe, Ca, Mg		k.A.		2
Azurit	G	Cu		k.A.		0
Dolomit	G	Ca, Mg		k.A.		3
Malachit	G	Cu		k.A.		0
<b>Sulfide, Sulfate</b>						
Anglesit	G	Pb		k.A.		1
Arsenopyrit	G	As, Fe		k.A.		7
Bournonit	G	Pb, Cu, Sb		k.A.		0
Chalkopyrit	G	Cu, Fe		k.A.		5
Cinnabarit	G	Hg		k.A.		2
Covellin	G	Cu		k.A.		0
Digenit	G	Cu		k.A.		0
Galenit	G	Pb		k.A.		2
Gersdorffit	G	Ni, As		k.A.		4
Pyrit	G	Fe		k.A.		5
Tetraedrit	G	Cu, Sb, As	Ag, As, Cu, Fe, Hg, Sb, Zn	k.A.		12

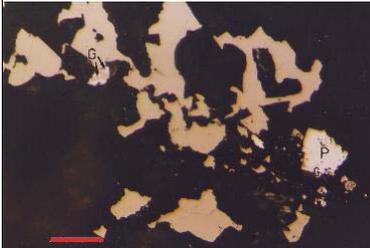
Phase	G/T* Hauptelemente	Spurenelemente	Häufigkeit**	Anmerkungen	Anzahl Grafike
-------	--------------------	----------------	--------------	-------------	----------------

\* G=Geogen; T=Technogen; B=beides      \*\* + ... +++++ = wenig Häufig ... sehr Häufig



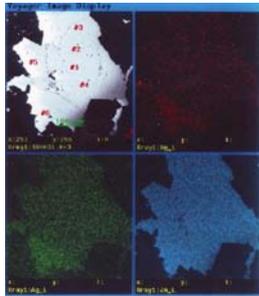
980031\_1.jpg

Arsenopyritkristalle (weiß) verwachsen mit Tetraedrit (grau) in Dolomit (schwarz). Siehe auch Elementverteilungsbilder. Marke: 0.05 mm



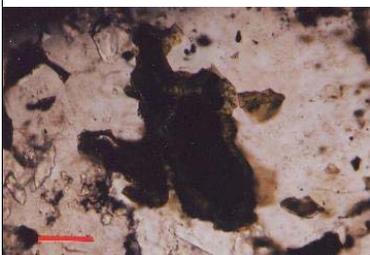
980031\_2.jpg

Tetraedrit (bräunlichgrau) als Imprägnationen in ankeritischer Matrix (schwarz), Pyrit (P) und Gersdorffit (häufig mit Pyrit verwachsen, G). Siehe auch Elementverteilungsbilder. Marke: 0.05 mm



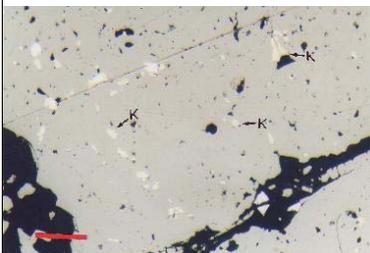
980031\_3.jpg

Elementverteilungsbilder von Quecksilber , Silber und Zink in Tetraedrit .



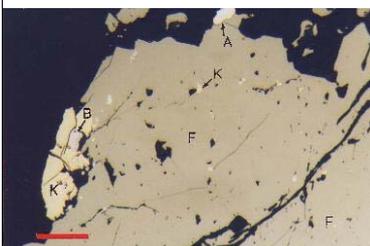
980098\_2.jpg

Wie Abb. 980098\_1, Verwitterungsprodukte erscheinen als olivgrüne Phasen. Marke: 0.05 mm



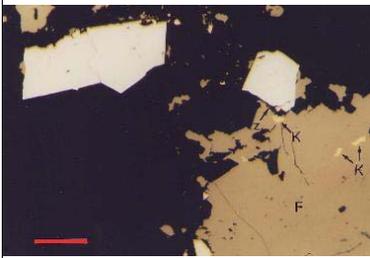
980099\_1.jpg

Tetraedrit mit Einschlüssen von Pyrit (weiß), Arsenopyrit (weiß, meist idiomorph), Chalkopyrit (K) und Dolomit (schwarz)



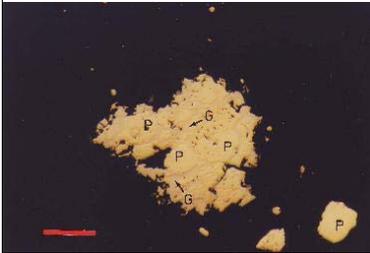
980099\_2.jpg

Paragenese Tetraedrit (F), Chalkopyrit (K), Galenit (B), Anglesit (Saum um Galenit ), Arsenopyrit (A) und Dolomit (schwarz ). Siehe Elementverteilungsbilder. Marke: 0.05 mm



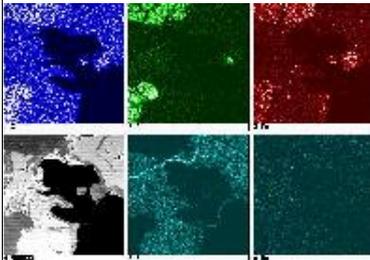
980139\_1.jpg

Tetraedrit (F), Chalkopyrit (K), idiomorphe Arsenopyritkristalle (weiß) sowie Cinnabarit (Z) in Dolomitmatrix (schwarz.). Siehe Elementverteilungsbilder. Marke: 0.05 mm



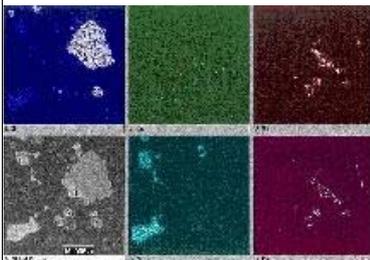
980139\_2.jpg

Kataklastischer Pyrit (P) wird durch Gersdorffit (G) verdrängt. Matrix (schwarz) bildet ein eisenhaltiger Dolomit. Siehe Elementverteilungsbilder. Marke: 0.05 mm



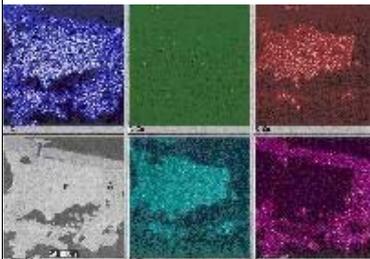
98033-1-14.jpg

Elementverteilungsbilder von Schwefel, Kobalt, Eisen, Antimon und Quecksilber in Tetraedrit (1), Chalkopyrit (2) und Ullmannit (3). Siehe auch Abb. 980033-2



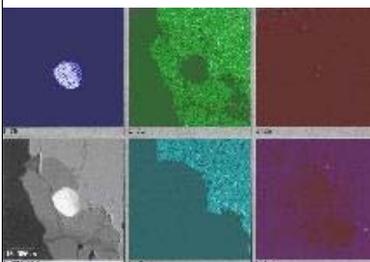
Brun\_980031.jpg

Elementverteilungsbilder von Schwefel, Kobalt, Nickel, Antimon und Arsen in Pyrit (P), Gersdorffit (G) und Fahlerz (F); unten links Abbildung mittels rückgestreuter Elektronen.



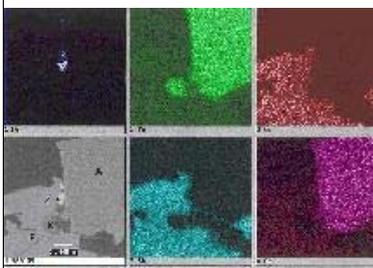
Brun\_980031\_1.jpg

Elementverteilungsbilder von Schwefel, Zink, Kupfer, Antimon und Arsen in Arsenkies (A) und Fahlerz (F); unten links Abbildung mittels rückgestreuter Elektronen.



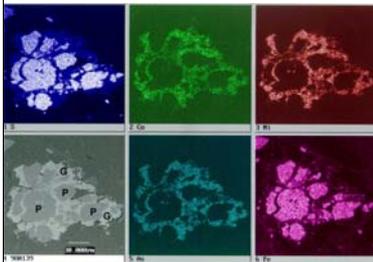
Brun\_980099.jpg

Elementverteilungsbilder von Blei, Kupfer, Zink, Antimon und Arsen in Fahlerz, Kupferkies, Bleiglanz, Arsenkies sowie Verwitterungsprodukten.



Brun\_980139.jpg

Elementverteilungsbilder von Quecksilber, Eisen, Kupfer, Antimon und Arsen in Arsenkies (A), Kupferkies (K), Fahlerz (F) und Zinnober (Z); unten links Abbildung mittels rückgetreuter Elektronen.



Brun\_980139\_1.jpg

Elementverteilungsbilder von Schwefel, Kobalt, Nickel, Arsen und Eisen in Pyrit (P), Gersdorffit (G) und Karbonat (Matrix); unten links Abbildung mittels rückgetreuter Elektronen.

## **Anlage 3**

**Beispiel – Berichtsausdruck Probe 010034  
(Alpach/Brixlegg – Mineralogisch-geochemische  
Methoden zur Bewertung der Umweltrelevanz von  
Schwermetallen in Staubdepositionen)**



# Mineralphasenatlas

**Projekt** Mineralogisch-geochemische Methoden zur Bewertung der Umweltrelevanz von Schwermetallen in Staubdepositionen

**Probentyp** Bachsediment / Schwermineralfraktion **RW BMN M31** 339934

**PROBE\_** 010034 **RW BMN M31** 255480

**LOKALIT** Alpbach/Brixlegg , westlich Montanwerke

**ERGEBNIS**

- Sehr viel Titanminerale, Sulfide und Baryt
- Häufig Chromit und Chromspinelle in Serpentin
- Nicht selten Thorium- und Uran-führende Phase
- Häufig Metallgießereischlacken ( Buntmetallschlacken) mit Arseniden, Antimoniden und (Cu, Sn, Sb, Ni, Fe )- Legierungen
- Das Fehlen von (Cr, Ni)-Stahllegierungen und Schlacken Typus Verbrennungsanlagen

**BERICHT** PIRKL, H. & NEINAVAIE, H.:  
Mineralogisch-geochemische Methoden zur Bewertung der Umweltrelevanz in Staubdepositionen.-  
Wien 2002

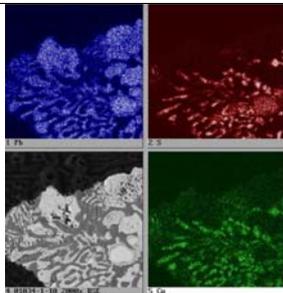
## Liste der Mineralphasen

Phase	G/T*	Hauptelemente	Spurenelemente	Häufigkeit**	Anmerkungen	Anzahl Grafike
<b>Metalle, Legierungen</b>						
Antimon-Eisen-Legierung	T	Sb, Fe	As, Ni, Pb	++		1
Antimon-Kupfer-Legierung	T	Sb, Cu	Ni	++		0
Arsen-Eisen-Legierung	T	As, Fe	Ni, Pb, Sb	++		1
Ferrosilizium	T	Fe, Si	Cr	+++		1
Kupfer-Antimon-Nickel-Legierung	T	Cu, Sb, Ni	Cr, Pb, Sn, Zn	++		1
Kupfer-Zinn-Nickel-Legierung	T	Cu, Sn, Ni	Pb	++		2
metallisches Blei	T	Pb		++		1
metallisches Eisen	T	Fe	Cu	+++		2
metallisches Kupfer	T	Cu		++		1
metallisches Silizium	T	Si		+		0
metallisches Titan	T	Ti		+		1
metallisches Zinn	T	Sn		++		0
Zinnbronze	T	Sn, Cu	Ni	++		0
<b>Oxide, Hydroxide</b>						
Calciumferrit	T	Fe, Ca		++		0
Chromit	G	Cr, Fe, Mg, Al		+++		2
Chrommagnetit	G	Cr, Fe		++		2
Chromspinelle	G	Cr, Fe	Zn	++		0
Chrom-Zinn-Spinell	T	Cr, Zn, Fe, Al		++		2
Cuprospinell	T	Cu, Fe	Zn	++		0
Eisenhydroxide	G	Fe		++++		2
Hämatit	B	Fe	V	+++		2

Phase	G/T*	Hauptelemente	Spurenelemente	Häufigkeit**	Anmerkungen	Anzahl Grafike
Ilmenit	G	Fe, Ti		+++		0
Ilmenithämatit	G	Ti, Fe		++		0
Korund	T	Al		++		0
Magnetit	B	Fe	V	++++		4
Perowskit	G	Ca, Ti		+		0
Pseudorutil	G	Ti		++		0
RO-Phase	T	Ca, Fe, Mn, Mg		++		2
Rutil	G	Ti		+++		0
Spinell	T	Mg, Al, Fe	Cr, Ni, Zn	+++		0
Wüstit	T	Fe		++++		2
Zinkspinell	T	Zn, Fe, Al		++		0
<b>Silikate</b>						
Allanit(Orthit)	G	Ce, Al, Ca	Th, U	++		0
Amphibole	G	Ca, Mg, Fe, Al		+++		0
Chlorit	G	Fe, Mg, Al		+++		0
Epidotminerale	G	Ca, Fe, Al		+++		0
Forsterit	G	Mg	Ni	++		0
Glasphase	G	Al, Ca, K, Fe, Mg, Si	Cu, Pb, Zn	++++		3
Granat	G	Fe, Ca, Mn, Mg		++++		0
Kämmererit	G	Mg, Cr, Al		++		0
Olivinmischkristalle	T	Ca, Mn, Fe, Mg		++		1
Pyroxene	G			++		0
Thorit	G	Th		++		0
Titanit	G	Ti		+++		0
Turmalin	G			+		0
Zirkon	G	Zr		+++		0
<b>Sonstige</b>						
Apatit	G	Ca, F, P		++		0
Cerussit	G	Pb	Cd	++		1
Malachit	G	Cu		++		0
Monazit	G	Ce, P		++		0
Siderit	G	Fe		+		0
Xenotim	G	Y, P		++		0
<b>Sulfide, Sulfate</b>						
Anglesit	G	Pb		++		1

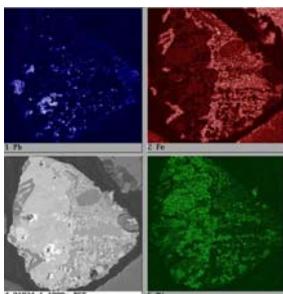
Phase	G/T*	Hauptelemente	Spurenelemente	Häufigkeit**	Anmerkungen	Anzahl Grafike
Arsenopyrit	G	As, Fe		+		0
Baryt	G	Ba		+++		0
Bornit	G	Cu, Fe		++		1
Chalkopyrit	G	Cu, Fe		+++		0
Digenit	G	Cu		++		0
Galenit	G	Pb		++		0
Markasit	G	Fe		++		0
Millerit	G	Ni		+		0
Pentlandit	G	Fe, Ni		++		1
Pyrit	G	Fe		++++		2
Pyrrhotin	B	Fe		+++		3
Sphalerit	G	Zn		+		0
Tetraedrit	G	Cu, Sb, As		+		0
<b>Typische technologische Bestandteile</b>						
Buntmetallschlacken	T			+++		6
Globulare Partikel	T			+++		1
Sintergut	T			++		0
Zundermaterial	T	Fe, Mn		++		1

\* G=Geogen; T=Technogen; B=beides      \*\* + .... +++++ = wenig Häufig ... sehr Häufig



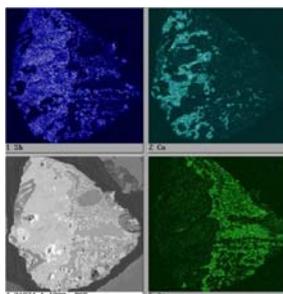
MIN\_abb1810.jpg

Elementverteilungsbilder von Blei, Zinn und Kupfer in Buntmetallschlacke (Typus Bleischlacke) ; links unten Abbildung mittels rückgestreuter Elektronen.



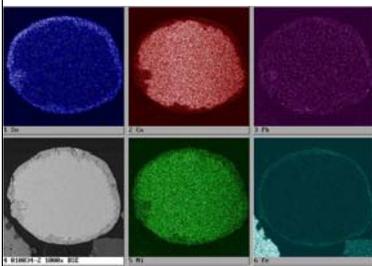
MIN\_abb1811.jpg

Elementverteilungsbilder von Blei, Eisen und Nickel in Arsenid, Antimonid, (Sb, Cu, Ni)-Legierung, Pyrrhotin und Glasphase ; komplex aufgebaute Buntmetallschlacke (Typus Metallgießereien) ; links unten Abb. mittels rückgestreuter Elektronen.



MIN\_abb1812.jpg

Elementverteilungsbilder von Antimon, Kupfer und Arsen in Buntmetallschlacke (siehe auch Abb. 1811)



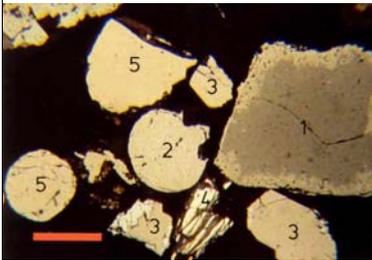
MIN\_abb1813.jpg

Elementverteilungsbilder von Zinn, Kupfer , Blei , Nickel und Eisen in einer (Sn, Cu, Ni )-Legierung mit randl. beginnender Verwitterung ; links unten Abbildung mittels rückgestreuter Elektronen



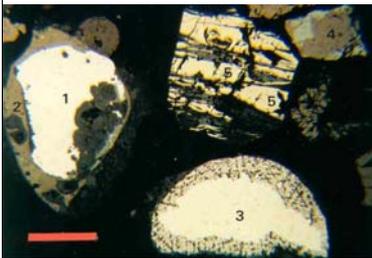
MIN\_abb182.jpg

Globulare Glasphase mit Einschlüssen von zonarem (Cr, Zn)- Spinell , links im Bild Pyrit (weiß), der durch Eisenhydroxid (hellgrau ) verdrängt wird. Marke 0.1 mm



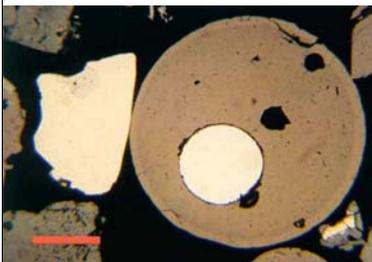
MIN\_abb183.jpg

Chromit (1) mit Chrommagnetit (Saum), tropfenförmiger Magnetit (2) ; geogener Magnetit ( 3 ) ; Pyrrhotin ( 4 ) ; RO- Mischphasen (5). Marke: 0.1 mm



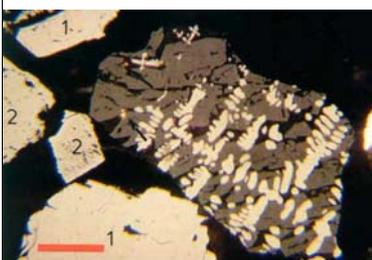
MIN\_abb184.jpg

Metall. Eisen (1) mit Wüstitsaum (2) , wird durch Eisenhydroxid verdrängt (dunkelgrau) ; halbkugeliges metall. Eisen (3) , geogener Magnetit (4) , Pyrrhotin (5). Marke: 0.1 mm



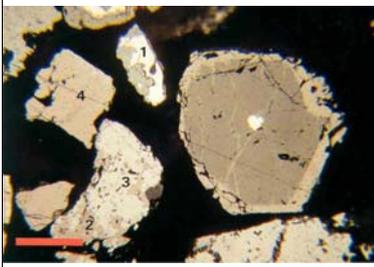
MIN\_abb185.jpg

Globulares Wüstitkorn mit exentrischem Kern aus metall. Eisen (weiß), Magnetit ( Saum ) ; links im Bild Ferrosilizium verwachsen mit metall. Titan (hellbraun).Marke: 0.1 mm



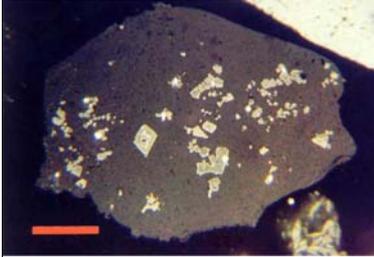
MIN\_abb186.jpg

Kupferschlacke mit Olivinmischkristallen (mittelgrau), dendritischem Magnetit (weiß), Glasphase (schwarz) und metall. Kupfer (siehe Pfeil) ; links im Bild Magnetit (1) und RO-Phase (2) . Marke: 0.1 mm



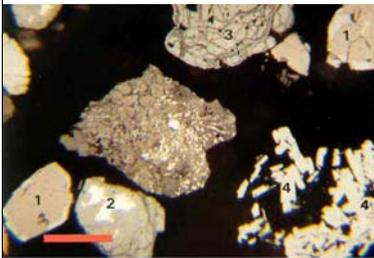
MIN\_abb187.jpg

Chromitkorn mit Chrom-Magnetitsaum und Einschluss von Pentlandit (weiß); metall. Eisen mit beginnender Verwitterung (1); geogener Magnetit (2); Hämatit (3); und Zundermaterial (4). Marke: 0.1 mm



MIN\_abb188.jpg

Buntmetallschlacke (Typus Metallgießerei ) mit Einschlüssen von idiomorphen (Cr, Zn)-Spinellen (meist zonar aufgebaut) und tropfenförmiger (Cu, Sn, Ni)-Legierung in Glas (Matrix, mittelgrau ). Marke: 0.1mm



MIN\_abb189.jpg

Buntmetallschlacke mit metall. Blei (weiß) und Bornit (feine Einschlüsse, gelblichweiß ) in einer Matrix aus Cerussit (meist körnig, hellgrau ) und anglesit (mittelbraun am Kornrand )-siehe Abb.1810 ; Magneit (1) ; Pyritrest in Eisenhydroxid(2), Fe-hydrox