



Heimische Vorräte an Spezialmetallen (Ga, In, Tl, Ge, Se, Te und Cd) in Blei-Zink- und anderen Erzen

IMMO CERNY & ERICH SCHROLL*)

3 Abbildungen und 15 Tabellen

*Österreich
Kärnten
Bleiberg
Sphalerit
Fahlerz
Germanium*

Österreichische Karte 1 : 50.000

Blätter 115, 116, 119, 123, 130, 135, 137, 172, 178–182, 185, 186, 195–201, 205, 212, 213

Inhalt

Zusammenfassung	5
Abstract	6
1. Einleitung	6
2. Vorausgehende Untersuchungen über das Vorkommen von „Spezialmetallen“ in österreichischen Rohstoffen bzw. Mineralen und Gesteinen	8
3. Bergwirtschaftliche Grundgedanken zur Gewinnungsmöglichkeit von „Spezialmetallen“ aus heimischen Vorkommen	9
4. Auswahl und Auflistung der beprobten Rohstoffvorkommen	9
4.1. Auswahl	9
4.2. Auflistung der Probenahmepunkte	9
5. Probenahme – Aufbereitung – Analytik	12
5.1. Probenahme	12
5.2. Aufbereitung	12
5.3. Analytik	12
5.4. Analysenmethoden	12
5.5. Analysendaten	14
6. Statistische Auswertung des Datenmaterials	14
7. Spezialmetallgehalte in den untersuchten Erzvorkommen	23
7.1. Spezialmetallgehalte in ZnS-Konzentraten der Lagerstätte Bleiberg-Kreuth	23
7.2. Erz aus karbonatgebundenen Pb-Zn-Vererzungen in der Trias	24
7.2.1. Gailtaler Alpen (außer Bleiberg)	24
7.2.2. Karawanken	25
7.2.3. Nordtiroler Kalkalpen	26
7.3. Erze aus dem Paläozoikum und Altkristallin	27
7.4. Fahlerze	28
7.5. Antimonite	28
7.6. Schwefelkiese (Kies-Konzentrate)	29
8. Vorratspotential an Spezialmetallen	29
8.1. Zinkerze der Trias	29
8.2. Pb-Zn-(Cu-)Vorkommen im Paläozoikum	29
8.3. Vorkommen von Fahlerzen und Kieserzen	30
9. Bergwirtschaftliche Aussichten	30
9.1. Bergbau Bleiberg-Kreuth	30
9.2. Explorations- und Hoffungsgebiete	30
10. Nachbemerkungen zur Geschichte der österreichischen Germaniumproduktion	31
Dank	31
Literatur	31

Zusammenfassung

Im Rahmen eines Rohstoffforschungsprojektes wurden nach Vorauswahl 105 repräsentative Proben aus verschiedenen österreichischen Erzvorkommen (Blei-Zink, Fahlerz, Schwefelkies und Antimon) unter Beachtung bergwirtschaftlicher Aspekte auf Spezialmetalle, wie Germanium, Gallium, Cadmium, Indium, Thallium, Selen und Tellur, untersucht, die für Anwendungszwecke in der Hochtechnologie-Elektronik interessant sein könnten. Andere Wertmetalle wie Silber oder Gold wurden in die Analytik miteinbezogen. Über die Hälfte der Proben (62) stammen aus der Blei-Zink-Erzlagerstätte Bleiberg.

*) Anschrift der Verfasser: Univ.-Doz. Dr. IMMO CERNY, Bleiberger Bergwerksunion; A- 9530 Bad Bleiberg, Postfach 20, Univ.-Prof. Dr. ERICH SCHROLL, Geotechnisches Institut der BVFA Arsenal A-1030 Wien, Postfach 8.

Im Bergbau Bleiberg wurde ein Potential von 36 t Ge, 12 t Tl und 2 t Ga, im übrigen kalkalpinen Bereich von 40–50 t Ge, 7–8 t Tl und 6–8 t Ga ermittelt. Im Bereich des Paläozoikums und des Altkristallins sind nur die Blei-Zink-Erzvorkommen mit einem Schätzwert von 3–4 t In überhaupt erwähnenswert. Alle Angaben über diese Vorratspotentiale beziehen sich in Bleiberg auf die Vorratsklassen A, B und C1, in allen anderen Vorkommen auf C2, da diese bergmännisch durchwegs ungenügend aufgeschlossen sind. Abgesehen von Bleiberg handelt es sich weitgehend um Kleinvorkommen.

Austrian Resource Potential of Specialty Metals (Ga, In, Tl, Se, Te, Cd) in Lead-Zinc and Other Ores

Abstract

Within the scope of a research project of raw materials 105 representative samples of different Austrian ore occurrences (lead-zinc, fahlore, massive sulfides and antimony) are investigated considering a preselection of sampled localities following economic aspects. The objects of the analytical work are special metals, like germanium, gallium, cadmium, indium, thallium, selenium and tellurium, being of interest in high technology. Precious metals, like silver and gold are included. More than half of the samples (62) originate from the lead zinc deposit of Bleiberg. For this mining area reserves of 30 t Ge, 12 t Tl and 2 t Ga are calculated, for other Triassic occurrences 40 up to 50 t Ge, 7 up to 8 t Tl and 6 up to 8 t Ga. In the Paleozoic and Old Crystalline lead-zinc occurrences are only contents of approximately 3 up to 4 t In remarkable. All data of the resource potentials are related in Bleiberg in respect to the classifications A, B and C1. All other sampled occurrences are insufficiently explored, so that the classification C2 could be taken into account only. With the exception of Bleiberg the resources of the other sampled localities are small and subeconomic.

1. Einleitung

Jede neue Technologie benötigt spezielle Rohstoffe. War es in den Vierziger- und Fünfzigerjahren die Atomenergietechnik, die verstärkten Bedarf an seltenen Elementen wie neben U, Th und F auch Zr, Ta, Hf, Be, Cd und andere erwarten ließ, so ist es heute die Hochtechnologie der Elektronik, für die neben Au als Industriemetall und Cd auch andere Spurenmetalle wie Ge, Ga, Tl, In, Se und Te Bedeutung erlangt haben. Waren es zuerst jene Elemente, die sich durch maximale und minimale Neutronenabsorption auszeichnen, so sind es jetzt vornehmlich Elemente, die im elementaren Zustand oder in Form von Verbindungen Halbleitereigenschaften aufweisen. Weitere seltene Metalle sind von Interesse oder werden es für die anderen Hochtechnologien in wachsendem Ausmaße sein wie die seltenen Alkalimetalle Li, Rb und Cs, die Seltenen Erden Re oder die Platinmetalle.

Es ist daher heute mehr denn je notwendig, nicht nur die konventionellen Metalle in die Rohstofforschung einzu beziehen, sondern auch die seltenen Elemente zu erfassen und wirtschaftlich zu nutzen. Es handelt sich um Spurenmetalle, die nur als Beiprodukte der Verhüttung konventioneller Metalle wirtschaftlich gewonnen werden können.

Die vorliegende Studie konzentriert sich auf jene seltenen Elemente, die für die Elektronik relevant sind und im Rahmen von Bergbauaktivitäten genutzt werden könnten.

Es sind dies die Elemente Germanium (Ge), Gallium (Ga), Indium (In), Thallium (Tl), Selen (Se), Tellur (Te) und Cadmium (Cd).

Die erwähnten Elemente haben eines gemeinsam:

- Sie sind in den Gesteinen der Erdkruste nur in geringen Konzentrationen gegenwärtig. Die höchste Konzentration in der Kruste weist Ga mit 15 ppm auf, gefolgt von Cd (0,2), Ge (1,5), Tl (0,5), In (0,1), Se (0,05) und Te (0,01) (für Granit: Basalt 1:1 nach TAYLOR, 1964).
- Sie reichern sich bevorzugt in sulfidischen Erzmineralisationen an, und sind Begleiter der Buntmetalle, untergeordnet auch der Eisensulfide. Germanium, Gallium, Indium und Thallium sind oxichalkophile Elemente. Sie sind aus Silikaten nur unter höherem Energie- und Kostenaufwand gewinnbar. In Form der sulfidischen Bindung hat die Natur die Abtrennung bereits vollzogen, im besonderen die Trennung Germanium-Silizium, Gallium-Aluminium, Indium-Eisen oder Thallium-Kalium.
- Sie bilden nahezu keine eigenen Erzminerale und sind fast durchwegs extensiv und dispers bis in den Mikrobereich als Gastminerale oder Gastelemente verteilt.
- In der Wertschöpfung reichen sie zum Teil an die Edelmetalle heran, allerdings nur als Reinstmetall (99,999 % und noch höhere Reinheitsgrade), dessen Erzeugung eine spezielle Technologie erfordert.

Tabelle 1.
Gewinnung der Spezialmetalle Germanium, Gallium, Indium, Thallium, Selen, Tellur und Cadmium.

Germanium	Vornehmlich bei der Verhüttung germaniumreicher Zinksulfide und Kupfererze, selten aus eigentlichen Germaniumerzen, wie Germanit, Reinerit, Briartit u.a. Ferner aus Asche, Flugstaub oder der Verkokung germaniumreicher Kohle, potentiell aus Limonit in der Oxidationszone germaniumreicher Vererzungen.
Gallium	Vorwiegend aus Bauxit bei der Tonerdeerzeugung durch Elektrolyse, heute untergeordnet aus Zinkerzen.
Indium	Bei der Verhüttung von Zink-, Kupfer-, Blei- und Zinnerzen aus Flugstäuben und Elektrolyschlamm.
Thallium	Bei der Verhüttung von Zink-, Kupfer-, Blei- und Schwefelkiesen aus Flugstäuben, Kiesabbränden Bleikammerschlamm und Raffination von Cadmium. Potentiell auch aus As-Sb-Hg-Tl-Vererzungen, wie Alchar (Mazedonien) oder der Gewinnung seltener Alkalimetalle, wie Li, Rb und Cs-Mineralien pegmatitischer und pneumatolytischer Paragenesen.
Selen und Tellur	Vornehmlich bei der Verhüttung von Kupfer-, Nickel-, Molybdänerzen (ab 10 bis 100 ppm) aus Anodenschlamm oder Flugstäuben, Tellur potentiell auch durch selektive Flotationskonzentration aus Golderzen. Früher wurde Selen bei der Schwefelsäureerzeugung aus Schwefelkiesen nach dem Bleikammerverfahren gewonnen.
Cadmium	Ausschließlich bei der Verhüttung von Zinkerzen.

Tabelle 2.
Technische Nutzung der Spezialmetalle Germanium, Gallium, Indium, Thallium, Selen, Tellur und Cadmium.

Germanium	<p>Metall in Reinheitsgraden von 99,99 (4N) bis 99,99999 (7N). Strahlungsresistente Solarzellen in der Raumfahrt, Gleichrichter in Netzgeräten und Schalter für hohe Ströme bis 500 Amp (etwa 1 bis 2 t/J), für Multimode- und Monomode-Lichtwellenleiter aus Glasfasern. Infrarot-Optik für Nachtsichtgeräte für den zivilen und militärischen Bedarf. Germaniumdioxid (GeO₂) als Katalysator für die Herstellung des Kunststoffes PET (Polyethylen-Tetraphtalat; in Japan 15 t/Jahr).</p>
Gallium	<p>Metall in Reinheitsgraden von 99,99 (4N) bis 99,99999 (7N). Detektormaterial für Neutrinos (Bedarf im Gallex-Projekt (Gran Sasso/Italien) 30 t). Dentallegierungen mit Au, Au-Pd (bis zu 9 % des Bedarfes). Flüssiges Gallium als elektrisches Kontaktmaterial für bewegliche Durchführungen. Galliumoxid (Ga₂O₃) mit Mangan-Dotierung im Leuchtstoff für Lampen von Photokopiergeräten. Galliumarsenid (GaAs) in elektronischen Bauelementen (Dioden, Transistoren, integrale Schaltungen), im Mikrowellenbereich, im besonderen im Gebrauch für Fernmeldesatelliten und Satellitendirektfernsehen, für Glasfaserfernmeldekabel, Leuchtdioden (LED's) und Infrarot-LED's für Fernbedienungen, in strahlungsresistenten Solarzellen zur Energieversorgung von Fernmeldesatelliten in Form von GaAs-beschichtetem Germanium.</p>
Indium	<p>Metall in den Reinheitsgraden von 99,99 (4N) bis 99,99999 (7N). Dentallegierungen (mit Pd und Au), niedrigschmelzende Legierungen (mit Ga [16°C], Bi, Cd, Pb, Hg, Sn, Ag) für den Brandschutz und Lötmaterial für Edelmetalle (etwa 20 % des Bedarfes), ferner Plattierungen und Spiegel. Hochreines Indium in der Elektro- und Elektronikindustrie (etwa 25 % des Bedarfes), wie für Halbleiter (InP, InAs, InSb) in der Verwendung für Infrarotstrahlungsdetektoren, Optoelemente, Faseroptik, Laserdioden, LCD für Uhren, Fernsehrohren, tragbare Computer, Videomonitore, Elektrolumineszenz (EL)-Lampen, CuInSe₂ (CIS) für Solarzellen. Indium-Zinnoxid (ITO) in Verwendung als Überzug auf Glas zur transparenten Wärmedämmung (Fahrzeuge und Gebäude), für Überzüge in Niederdruck-Natriumdampflampen.</p>
Thallium	<p>Hauptsächlich für Forschungszwecke, u.a. Supraleiter, Neutrino-detektor, Halbleiter (Sulfdgläser, TIP, TIAs, TISb). Ferner für Spezialgläser, Gamma-Detektoren (NaJ(Tl), CsJ(Tl)), TICl-Kristalle zur Messung von Röntgen- und Gammastrahlen, Schwereflüssigkeit u.a.</p>
Selen	<p>Elementar in Reinheitsgraden von 99,5 % bis 99,99999 (N 7). Außerdem im Handel als Selenoxid (SeO₂), Ferroselen, Natriumselenit und -selenat. Verwendung in der Metallurgie zur Desoxidation (etwa 5 % des Bedarfes), in der Glasindustrie zum Entfärben (etwa 30 %) in Pigmenten für Gläser, Keramik und Plastik (im besonderen der Signaleinrichtungen von Autos; 25 %), in der Elektro- und Elektronikindustrie (40 %) für Gleichrichter, Photokopierapparate, Solarzellen u.a. Als bioessentielles Spurenelement für Pharmazeutika oder Zusatz zum Tierfutter.</p>
Tellur	<p>Metall 99,5 % bis 99,99999 (8N). In der Metallurgie als Zusatz in Stählen (bis zu 0,1 % Te in Spezialstählen für den Maschinenbau, als Legierungselement von Kupfer (0,5 % Te), Blei (bis zu 0,5 % im Kabel- und Schwefelsäurefestblei), Zinn und Aluminium. Stabilisator von Kohlenstoff im Gußeisen. In der chemischen Industrie zur Herstellung von Katalysatoren (u.a. für die Gummifabrikation), in der Glas- und Keramikindustrie, Tellurverbindungen als Fungizide (Pilzbekämpfungsmittel) und für pharmazeutische Zwecke. In der Elektronikindustrie (Bedarf noch unter 10 %) Tellur und Verbindungen zusammen mit Selen als Bestandteil der Photorezeptoren in Kopierapparaten. Wismut-, Blei- und Antimontelluride für thermoelektrische Generatoren und Thermokühlungen in der Raumfahrt- und Satellitentechnik. Cadmiumtellurid (CdTe) und Quecksilber-Cadmiumtellurid (MTC) zur photoelektrischen Umwandlung in Solarzellen und Nachtsichtgeräten, ferner Cadmiumtellurid für Photowiderstände und mit Chlordotierung als CdTe(CI) als Gammadetektor.</p>
Cadmium	<p>Metall in Reinheitsgraden bis 99,99999 (7N). Zur Zeit Hauptverbrauch (35 %) in Ni-Cd-Batterien, galvanische Überzüge (35 %) und Plattierungen im Schiffs-, Automobil- und Fahrzeugbau (30 %), Pigmente (CdS, zitronengelb und CdSe, orange) (15 %), Stabilisatoren (Ba-Cd-Zn) in Plastik (15 %), Legierungsmetall (10 %), ferner als Katalysator in der organischen Chemie, Steuerstäbe und Abschirmungen in der Atomtechnik.</p>

Man hat diese Gruppe auch „speciality metals“ in Analogie zu den „noble metals“ genannt. Zu dieser Gruppe gehören allerdings auch andere Spurenmetalle wie Rhenium (Re), Rubidium (Rb) oder Caesium (Cs). Diese Elemente wurden in das vorliegende Projekt nicht einbezogen.

Die aktuelle und potentielle Gewinnung der in die Untersuchung einbezogenen Spezialmetalle ist in Tab. 1 in einer Übersicht dargestellt. Ihre technische Nutzung hat meist erst in den letzten vierzig Jahren eingesetzt.

In Tab. 2 wird ferner eine kurze Information über die derzeitige technische Bedeutung dieser Elemente vermittelt. Nach der gegenwärtigen weltpolitischen Lage sollte die Verwendung für militärische Zwecke rückläufig sein. Neuere Daten über den Bedarf sind zur Zeit mangelhaft. Prognosen des Bedarfs haben sich bei den meisten Spezialmetallen als zu optimistisch erwiesen. Die kurzfristig aufbringbare Erzeugungskapazität ist höher als der Bedarf. Beim Germanium um das Vierfache. Die Prognosen haben auch das steigende Recycling nicht

berücksichtigt, das vor allem bei Germanium, Gallium und Indium mit der Aufarbeitung von High-Tech-Schrott von Bedeutung geworden ist. Cadmium und in gewissem Maße auch Thallium erfahren wegen ihrer Toxizität Verwendungsbeschränkungen durch die Umweltschutzgesetzgebung. Vorrat und Produktion des Cadmiums ist vom Zink abhängig und das Zn/Cd-Verhältnis ist mit rund 300 anzusetzen.

Alles in allem sind die Weltvorräte, wie Tab. 3 zeigt, mit Ausnahme des Galliums relativ gering. Beim Aluminiumbegleitelement Gallium stehen im Bauxiterz und darüber hinaus in Alumosilikaten ausreichende Vorräte zur Verfügung. Beim Siliziumbegleitelement Germanium ist dies weniger der Fall. Die Natur hat nur in bescheidenem Ausmaße aufgrund seiner chalkophilen Eigenschaften die energetisch aufwendige Trennung von Germanium und Silizium vorweggenommen.

Obwohl sich zur Zeit der Bedarf an Spezialmetallen einzupendeln scheint und der High-Tech-Bedarf nicht so ins Gewicht fällt, ist doch in weiterer Zukunft mit weiterem

Tabelle 3.
Bedarf und Vorräte an den Spezialmetallen Germanium, Gallium, Indium, Thallium, Selen, Tellur und Cadmium.
Vergl. SCHROLL (1986), Minerals Yearbook (letzte Ausgabe 1990) u.a.

	Produktion 1989	Bedarf 1992	Recycling 1992	Vorräte 1985
Ge	82	80	—	2.000 (Kohle 5.000)
Ga	50	50–60	30–40	1·10 ⁶
In	110	115	?	3.000
Tl	?	1 (nur USA)	?	375
Se	1553	?	?	200.000
Te	150?	?	?	34.000
Cd	21.000	?	(100)	530.000

Anstieg zu rechnen. Nur beim Cadmium könnte ein Zusammenbruch der Märkte eintreten.

Bei Zinkerzen ist es üblich, Spezialelemente aus Elektrolyseschlamm zu gewinnen. Beispiel dafür ist die Zinkhütte der BBU in Arnoldstein, die Cadmium als Metall produziert und Germanium als Vorkonzentrat vermarktet hat. In 34 Jahren waren es 967 t Cd-Metall und 174 t Germanium (errechnet aus dem Vorkonzentrat). Indium, Gallium und Thallium sind aus hüttentechnischen und ökonomischen Gründen nicht gewonnen worden. Das Forschungsprojekt, dessen Ergebnisse jetzt publiziert werden, ist 1987 konzipiert worden. Inzwischen sind jedoch einschneidende Änderungen in der österreichischen und internationalen Rohstoffwirtschaft eingetreten.

In Österreich haben die Stilllegungen der Aluminium- und Zinkelektrolysen in Ranshofen bzw. Arnoldstein jede Basis genommen, derartige Spezialmetalle als Nebenprodukte gewinnen zu können. Eingestellt wurde der Hoffnungsbau der einzigen in Produktion befindlichen Blei-Zink-Lagerstätte Bleiberg-Kreuth, und inzwischen wurde auch die Schließung der Grube vorgenommen. Ebenso ist die genetisch verwandte Lagerstätte in Raibl in Italien bereits geschlossen worden und das Schicksal des Bergbaues Mezica in Slowenien erscheint trotz neuerschlossener Vorkommen ungewiß.

In den Industrieländern führt der wirtschaftspolitische Trend weg von Bergbau und Grundstoffindustrie in Niedriglohnländer, wo auch mit geringeren Umweltschutzaufgaben zu rechnen ist. Der rasche Zusammenbruch des sowjetischen Imperiums kam unerwartet, und die Tendenz zum Rückzug aus der heimischen Rohstoffgewinnung wird sich verstärken. Der Beitritt zur EU wird der heimischen Rohstoffgewinnung kaum weitere Impulse geben.

Bei einer raschen Entwicklung moderner Technologien ist der globale Rohstoffbedarf an seltenen Elementen schwer zu prognostizieren. Trotzdem verbleibt die verpflichtende Aufgabe, eine Bestandsaufnahme des Potentials an Bodenschätzen vorzunehmen. Allein Raumplanung und Raumordnung setzen dies voraus.

2. Vorausgehende Untersuchungen über das Vorkommen von „Spezialmetallen“ in österreichischen Rohstoffen bzw. Mineralen und Gesteinen

Nach Kriegsende haben SCHROLL und Mitarbeiter mit der systematischen geologischen Erforschung der Vertei-

lung seltener Elemente begonnen (siehe auch SCHROLL 1986). Weitere wissenschaftliche Bearbeitungen, die auch Material aus österreichischen Vorkommen betroffen haben, wurden von München aus (HEGEMANN, FRUTH) oder Berlin (SCHNEIDER, MÖLLER) untersucht und zumeist auch publiziert.

Die Untersuchungen wurden in erster Linie von mineralogischen bzw. petrogenetischen Gesichtspunkten aus vorgenommen. Es handelt sich vorwiegend um „Muster“, die nur orientierende Aussagen über Durchschnittswerte technischer Probenahmen erlauben.

Die Konzentrationsverteilung der Spurenelemente zeigt meist eine große Varianzbreite, die bis in den Mikrobereich eines Kristalles hineinreicht (PIMMINGER et al., 1985). Andererseits liegen oft gesetzmäßige Beziehungen zwischen den Elementen vor, so daß die Erfassung der Verteilungsgesetzmäßigkeiten zur Ermittlung der Inhalte in Erzvorkommen beitragen kann.

Geochemisches Datenmaterial von folgenden österreichischen, mineralischen Rohstoffen lag vor:

- Blei-Zink-Erzminerale:
SCHROLL (1953, 1953, 1955, 1955, 1955, 1959), TUFAR (1963), HEGEMANN (1960), FRUTH (1966), RAZMY-SHEHATA & SCHROLL (1974), SCHULZ (1981), CERNY et al. (1982)
- Kieserzminerale:
SCHROLL (1955), ROCKENBAUER (1956), SCHROLL & ROCKENBAUER (1960)
- Molybdänerzminerale:
SCHROLL (unveröffentlichte Daten)
- Fahlerzminerale:
AZER (1956), SCHROLL & AZER (1959), ROCKENBAUER (1960)
- Siderite:
DOLEZEL & SCHROLL (1979), DOLEZEL (1976)
- Magnesite:
BRANDENSTEIN & SCHROLL (1960)
- Schwerspäte:
ZAKI & SCHROLL (1959), TUFAR (1963)
- Pegmatite:
KAHLILI (1967, 1972)
- Bauxite:
SAUER (1965), SCHROLL & SAUER (1964)
- Salzgesteine:
REINHOLD (1965)
- Kohlengesteine:
SCHROLL (1955), BRANDENSTEIN et al. (1960), WENINGER (1965, 1966)
- Graphitgesteine:
JANDA (1959), JANDA & SCHROLL (1960)

Darüber hinaus wurde, so weit wie möglich, auch die graue Literatur vor allem der einschlägigen Bergbauindustrie eingesehen und unveröffentlichtes Datenmaterial mitverwendet, das im Rahmen vorhergehender Forschungsprojekte geschaffen worden war. Dieses Datenmaterial ermöglichte eine erste Vorauslese von Lagerstätten, bzw. Vorkommen, auf der die Erstellung des Forschungsprogrammes mit bergwirtschaftlichen Richtlinien aufgebaut werden konnte.

SCHROLL (1953) hat anfangs halbquantitative Analysenwerte (Konzentrationsstufen, 1, 3, 5, 10, 30, ...) von Zinkblenden (256 Proben) und Bleiglanzen (203 Proben) von 210 ostalpinen Fundorten (einschließlich Fundorten in den Nachbarstaaten) zusammenfassend dargestellt. Danach standen nur synthetische Standards zur Verfü-

gung. Leichtflüchtige Elemente, vor allem Hg, z.T. auch Ga, haben zu überhöhten Werten geführt.

Die chemische Analytik hat in den letzten dreißig Jahren erhebliche Fortschritte gemacht. Die Methodik der optischen Spektrographie (OES) Analyse wurde quantitativ. Halbquantitative Methoden wurden noch von HEGEMANN (1960) verwendet. Die Analysenmethode von FRUTH (1966) war bereits als eine quantitative OES-Methodik mit Kohlenbogenanregung zu bezeichnen; die Nachweisgrenzen waren aber für Elemente, wie Ga, Tl, In, Se oder Te unzureichend.

Die quantitative OES-Kohlenbogenanalyse wird heute von der Multielementanalytik ICP-OES und XRF sowie der Hydriermethode der AAS abgelöst, wobei das Prinzip der Doppel- und Multianalytik mit zwei oder mehr verschiedenen Analysemethoden angewandt werden kann, sodaß die Richtigkeit der gewonnenen Werte kontrollierbar ist. Somit war die Neubearbeitung auch vom Standpunkt verbesserter analytischer Möglichkeiten zu vertreten.

3. Bergwirtschaftliche Grundgedanken zur Gewinnungsmöglichkeit von „Spezialmetallen“ aus heimischen Vorkommen

Es ist nicht sehr wahrscheinlich, daß ein Trägererz eines der vielen kleineren Erzvorkommen in Österreich einen so hohen Gehalt an einem der „Spezialmetalle“ aufweist, daß sich die wirtschaftliche Ausgangslage des Kleinvorkommens dadurch entscheidend verschieben könnte. Trotzdem muß eine Reihe auch dieser kleineren Vorkommen in die „Inventur“ einbezogen werden, weil dadurch die Chance wahrgenommen wird, Hinweise für bisher nicht bekannte regionale Gesetzmäßigkeiten der Verteilung dieser „Spezialmetalle“ in den Vererzungen zu erhalten.

Von diesem zweckorientierten Projekt abgesehen, hängt die Darstellungsmöglichkeit der „Spezialmetalle“ entscheidend von der bergwirtschaftlichen Situation der Haupt- oder Trägererze ab. Daher ergibt sich aus den nachstehend in drei Gruppen gegliederten Vorkommen generell auch eine Reihung der derzeit einstuftbaren Erfolgsmöglichkeit.

Auf Grund dieser Überlegungen hat die bergwirtschaftliche Gruppenteilung nach der vorgegebenen Situation der Nutzung, wie folgt, vorgenommen:

- a) In Produktion gestandene Lagerstätten
- b) In Erkundung gestandene Lagerstätten, bzw. vor kurzem stillgelegte Bergbaue
- c) Vorkommen mit möglichen wirtschaftlichen Aussichten

Dabei muß vorausgeschickt werden, daß eine Beurteilung auch sehr gut erschlossener Vorkommen, besonders der Gruppen a) und b), nach sonst üblichen Kriterien, wie z.B. Art und Mengen von Erzvorräten, Bonität usw. nicht lückenlos durchgeführt werden kann, weil Angaben über betriebliche Kennziffern entweder nicht zu erwarten oder überhaupt unbekannt sind. Außerdem sind, von Ausnahmen abgesehen, die Prozentgehalte der Trägererze nicht hinreichend bekannt. Dies bedingt eine gewisse Unsicherheit für die Bewertung der begleitenden Spurenelemente. Dazu kommt, daß die potentiellen Trägererze mit den Fördererzen durchaus nicht identisch sein müssen.

Die großen Konzentrationsdifferenzen und die oft noch unbekannteren Faktoren für das Auftreten der Spurenelemente überhaupt erfordern es, vor allem jene Vorkommen

der Gruppe c) in die Untersuchungen einzubeziehen, bei denen die Möglichkeit gegeben ist, daß durch positive Ergebnisse eventuell eine Änderung der bergwirtschaftlichen Beurteilung eintreten könnte. Aus dieser Vorgangsweise ergibt sich eine Reihung der Vorkommen nach der angenommenen wirtschaftlichen Nutzungserwartung.

4. Auswahl und Auflistung der beprobten Rohstoffvorkommen

4.1. Auswahl

Aus der Vielzahl der Mineralvorkommen wurden jene Vorkommen ausgewählt und eingehend untersucht, die nach bergwirtschaftlichen Kriterien als „Lagerstätten“ bzw. als Vorkommen mit geologisch explorationswürdigen Charakter zu bezeichnet sind und auffallende Gehalte an Spezialmetallen aufweisen oder zu erwarten haben.

Allein nach FRIEDRICH (1953) gibt es im alpinen Raum (Österreich und unmittelbare Randgebiete)

- 174 Pb-Zn-Vorkommen, die an Karbonatgesteine, vornehmlich der Trias gebunden sind,
- 111 Pb-Zn-Vorkommen, die meist vergesellschaftet mit Kupfer- und Eisenkiesen in paläozoischen Gesteinseinheiten auftreten,
- 126 Vorkommen von Kieslagern mit untergeordneten Zn-(Pb-Cu-)Gehalten,
- 28 Antimonvorkommen und
- 131 Fahlerzvorkommen.

Auch wenn eine derartige Zählung problematisch ist und seither auch Ergänzungen und Neufunde hinzukommen, ist eine gewisse Größenordnung ersichtlich. Überwiegend handelt es sich um Kleinst- und Kleinvorkommen.

Die in Produktion gestandene Pb-Zn-Lagerstätte Bleiberg-Kreuth wurde mit 62 Proben dokumentiert, wobei sowohl nach stratigraphischen Gesichtspunkten (schichtige, quergreifende und stockförmige Erzkörper) vorgegangen wurde. 3 Proben wurden vergleichsweise aus dem Bergbau Mezica miteingezogen. Mit 40 weiteren Proben wurden vornehmlich Pb-Zn-Lagerstätten, im besonderen Vorkommen der Trias, komplexe Kieserze, Schwefelkiese, Fahlerze und Antimonite des alpinen Raumes abgedeckt und dokumentiert.

Unter den Blei-Zink-Vorkommen, die keine wesentlichen Gehalte an Spezialmetallen der Zinkblende aufweisen, sind die des Grazer Paläozoikum mit einer vermutlich Erzkonzentration von über 1 Mio. Tonnen, d.h. mit nicht einmal 0,1 Mio. t wahrscheinlichem Metallinhalt (Pb und Zn) zu vermerken.

4.2. Auflistung der Probenahmepunkte

Im Rahmen des Projektes wurden rund 40 Rohstoffvorkommen beprobt (siehe Übersichtskarte, Abb. 1), auf den Raum Bleiberg (unter- und ober Tage) entfielen 62 Proben. Die mit *) bezeichneten Proben wurden aufgrund bergwirtschaftlicher Überlegungen (zu erwartende Tonnage etc.) in die Analytik nicht miteinbezogen.

Raum Bleiberg (Zinkblendes)

- Erlach 14. Lauf
- Tiefbauschole
- Carditaschole
- Allerheiligen
- Germaniumgugel
- Kalkgrube

- T: Triasvererzungen (Pb,Zn)**
- B: Zinkerze Schwerpunkt Bleiberg**
- P: Zinkerzproben aus Paläozoikum und Altkristallin**
- S: Schwefelkiesproben**
- M: Komplexe Kieserze**
- A: Antimonerzproben**
- F: Fahlerze**

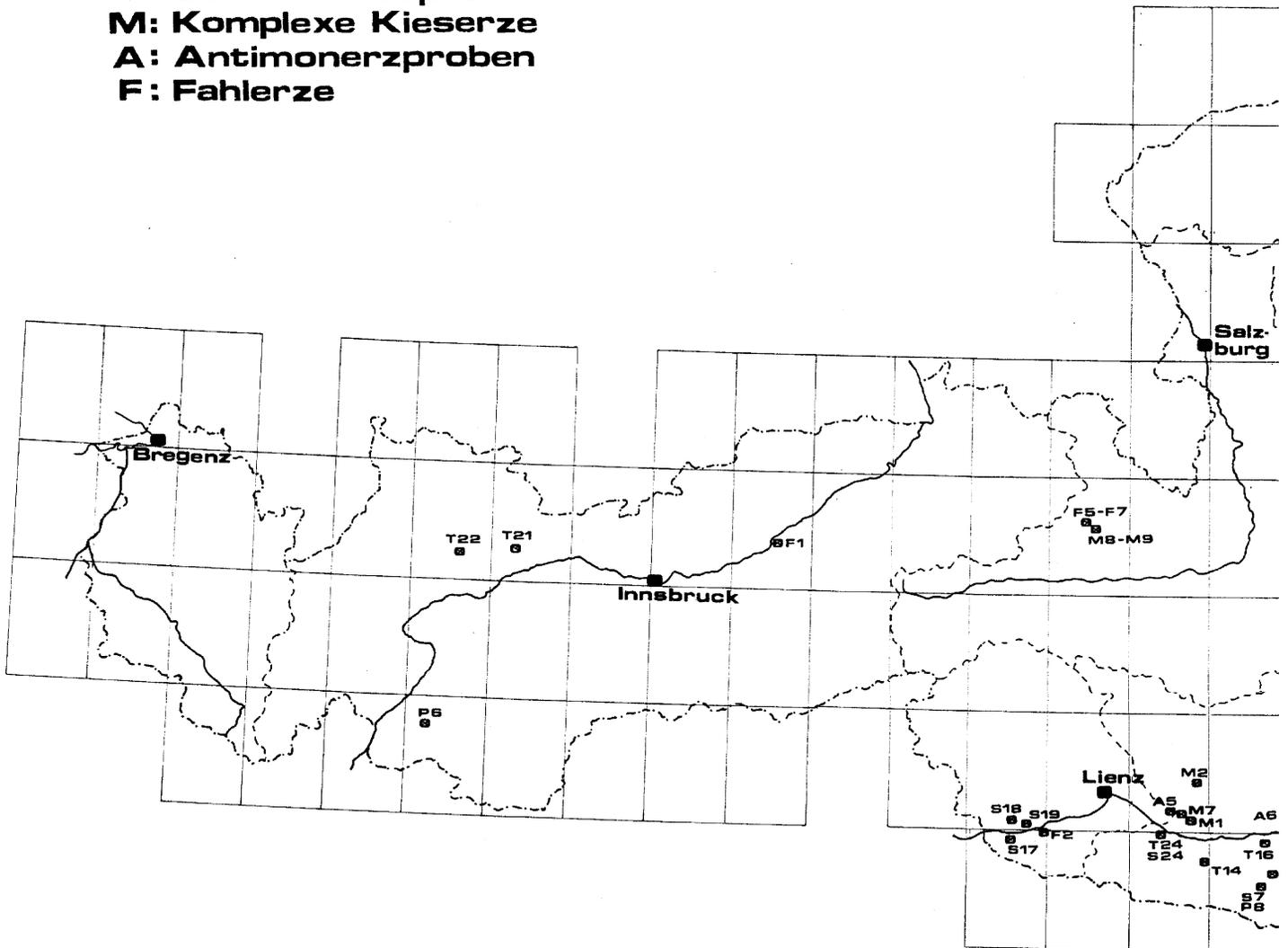


Abb. 1.
Probenahmepunkte zum Projekt „Spezialmetalle“.

- Torkergugel
- Vorsicht
- Kalkscholle
- sonstige Bleiberg
- Riedhartscholle
- Stefanie 13. Lauf
- Josefischolle

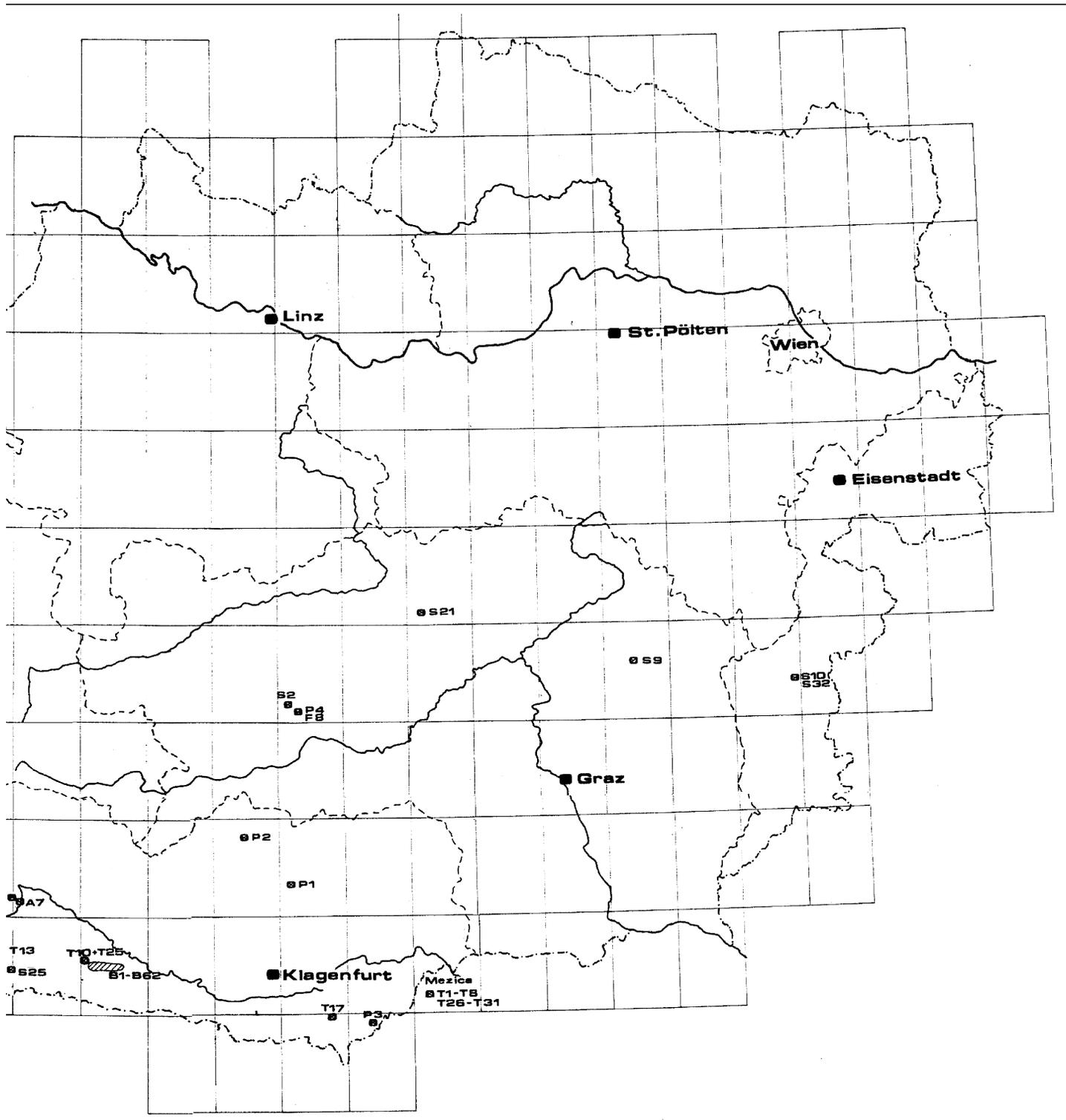
Triasvererzungen (Zinkblenden)

- Windisches Alpl (Gailtaler Alpen)
- Radnig (Gailtaler Alpen, nördl. Hermagor)

- Jauken (Gailtaler Alpen)
- Kolm bei Dellach im Drautal
- Pirkach bei Oberdrauburg
- Hochobir (Karawanken)
- Mezica/Jugoslawien (Karawanken)
- St. Veith im Tegestal (Heiterwand)
- Nassereith (Revier Feigenstein)
- Lafatsch - 28 Einzelproben aus früheren Beprobungen

Zinkerzproben aus Paläozoikum und Altkristallin

- Meiselding (Gurktaler Alpen)



- Metnitz-Vellach (Gurktaler Alpen)
- Kirchbachgraben (Gailtalkristallin)
- Tösens (Ötztaler Alpen)
- Oberzeiring
- Zinkblendekonzentratproben aus dem Grazer Paläozoikum (BBU-Exploration 1983) (3 Proben)

Schwefelkiesproben

- 5 Proben aus der Kiesoolithbank *) (Basis 1. Raibler Schiefer), Bleiberg-Kreuth
- Kirchbachgraben (Gailtalkristallin)
- Pusterwald
- Naintsch (Kieslager, Grazer Paläozoikum)

- Erzberg Eisenerz
- Pirkach (Gailtaler Alpen, Oberdrauburg, Trias)
- Grundgrabenstollen bei Schläining (2 Proben)*)
- Jenig-Danz (Gailtalkristallin)
- Panzendorf (Osttirol)
- Außervillgraten (Osttirol)
- Tessenberg (Osttirol)

Komplexe Kieserze

- Knappenstube-Oberdrauburg, Kreuzeckgruppe (Kieslager, Zn, Cu, Pb) *)
- Strieden-Oberdrauburg, Kreuzeckgruppe (Kieslager ident mit Knappenstube) *)

- Nöckelberg, Grauwackenzone; Leogang, Salzburg (Cu-Fe-Sulfide)
- Nöckelberg (Limonite)
- Politzberg, Kreuzeckgruppe

Antimonerzproben

- Schlaining Grundgraben *)
- Gurkserkammer (Bergbau Rabant, Kreuzeckgruppe *)
- Radelberg (östliche Kreuzeckgruppe, Sachsenburg)
- Lessing (östliche Kreuzeckgruppe, Sachsenburg)

Fahlerzproben

- Nöckelberg, Leogang, Salzburg
- Leogang – Bergbau Schwarzleo
- Abfalterbach (Osttirol)
- Falkenstein (Schwaz, Tirol)
- Oberzeiring

5. Probenahme, Aufbereitung, Analytik

5.1. Probenahme

Die im August 1986 begonnene Probenahme wurde, abgesehen von vereinzelt Nachbeprobungen, zu Jahresende 1988 abgeschlossen. Die Probemenge richtete sich nach dem Gehalt der Wertminerale z.B. Zinkblende im Aufschlußbereich bzw. auf Halden und beträgt zwischen 10 und 30 kg.

Probenzahl:	128
Anzahl der Konzentrate:	109
Anzahl der analysierten Proben:	102

5.2. Aufbereitung

Das Probenmaterial wurde gebrochen, auf flotationsfeines Korn vermahlen und im Labormaßstab flotiert. Bei Erzen komplexer Zusammensetzung bzw. hohem Verwachsungsgrad wurden Aufbereitungsversuche gefahren, um eine höchstmögliche Konzentratgüte zu erreichen. Entsprechende Erzstücke sowie alle Aufbereitungsprodukte wurden als Beleg in der Geologischen Abteilung archiviert, wobei von jedem Versuchsablauf ein Protokoll angelegt worden ist.

5.3. Analytik

Für die Analytik der entsprechenden Konzentrate wurde die Bundesversuchs- und Forschungsanstalt Arsenal, Geotechnisches Institut, Wien beauftragt. Die Reinheit der Konzentrate wurde im eigenen Haus (Labor Bleiberg) analytisch geprüft. Eine Reihe von Referenzanalysen (vor allem Ge, Cd) wurden durchgeführt.

Die Analytik umfaßte die Elemente: Zn, Pb, Ca, Mg, S; Ge, Ga, Cd, In, Tl, Se, Te; Fe, Sb, Mn, Sn, V, Ag, As, Bi, Co, Mo, Ni (z.T. Au).

An analytischen Methoden wurden elementspezifisch AAS, OES, ICP-OES, WD-XRF und ED-XRF angewandt.

5.4. Analysenmethoden

Für Zinkblendekonzentrate

Mehrfachanalyse mit ICP-OES, WD-XRF, OES (Bogen und Doppelbogen) und AAS (Hydridmethode) mit Auswahl der geeignetsten Methode. Folgende Elemente wurden bestimmt mit:

- ICP-OES: Ca, Cd, Fe, Mg, Mn, Pb und Zn
- WD-XRF: As, Cd, Fe, Ge, Mg, Mn, Pb, S, Tl und Zn

OES: Ag, As, Bi, Co, Ga, Ge, In, Mn, Mo, Ni, Sb, Sn, Tl und V

AAS: As, Se, Te und Tl

Die angegebenen Daten beziehen sich auf folgende Elemente:

ICP-OES: Mg

WD-XRF: Ca, Fe, Pb, S und Zn

OES: Ag, As, Bi, Co, Ga, Ge, In, Mn, Mo, Ni, Sb, Sn, Tl und V

AAS: Cd, Se und Te

Für die Kalibrierung wurden BCR-Zinkerz-, SRM 26 bis 31, SF-1 und SC-1, Laborstandards oder synthetische Zinksulfidproben verwendet.

Mit der im Labor entwickelten Doppelbogenmethode konnten extrem niedrige Nachweisgrenzen erreicht werden:

Bi:	0,03 pmm
Ga:	0,3 ppm
Ge:	0,3 ppm
In:	0,1 ppm, bei Fe-armen Zinkblenden 0,03 ppm
Sn:	0,05 ppm
Tl:	1 ppm

Für die übrigen Konzentrate

Es lagen Proben mit verschiedener Matrix (Antimonit, Kieserite, Fahlerze, Mischkonzentrate und oxidische Produkte) vor, sodaß zur Kalibrierung synthetische Standards angefertigt werden mußten. Geeignete SRM's standen nicht zur Verfügung.

Die Proben wurden zuerst auf ihre Basiszusammensetzung nach dem Uniquant-Verfahren der WD-XRF-Analyse untersucht, die eine Weiterentwicklung des Semiquant-Verfahrens darstellt (DE JONG et al., 1989). Das analysenfein gepulverte Material wurde zu Tabletten mit einem Durchmesser von 40 mm verpreßt. Die Bestimmung der Konzentrationen erfolgte mittels der Methode der fundamentalen Parameter. Tabelle 4 gibt ein Beispiel für die erreichbare Genauigkeit:

Tabelle 4.
Probe BCR 27-Zink-Erz (EG-Standard).

	Referiert [%]	Gefunden [%]
Zn	44,0	43,4
Pb	2,8	2,5
Fe	13,7	12,6
Cu	1,7	1,5
S	31,6	29,6
TiO ₂	0,02	0,03
Mn	0,72	0,08
As	0,78	0,6
Cd	0,63	0,6
Sn	0,15	0,16
Ag	0,0	0,02
In	0,005	0,007
Sb	0,01	0,01
Bi	0,01	0,009

Zusätzlich wurden folgende Elemente ergänzend analytisch erfaßt:

- mit OES: As, Bi, Cd, Ga, Ge, In, Sb, Sn und Tl sowie
- mit Hydrid-AAS: Se und Te.

Tabelle 5.
Analysendaten von Zinkerzen; Schwerpunkt Bleiberg.

Proben Nr.:	Bezeichnung	Zn %	Ge ppm	Ga ppm	Cd ppm	In ppm	Tl ppm	Se ppm	Te ppm	Fe %	Sb ppm	Mn ppm	Sn ppm	V ppm	Ag ppm	As ppm	Bi ppm	Co ppm	Mo ppm	Ni ppm	Pb %	Ca %	Mg %	S %
	ERLACH 14. LAUF																							
B/5	Breccienscholle	57,69	1500	6,2	477	<0,1	195	0,53	<1	0,47	13,3	52	0,08	2,8	1,7	62	<0,03	<0,5	0,8	1,5	0,38	3,01	1,5	31,6
B/22	Cardita	59,84	92	94	2446	<0,1	80	<0,2	<1	0,55	3,2	35	0,16	3,9	23	178	<0,03	0,8	5,7	5,7	0,36	1,85	0,85	32,6
B/34	Breccienscholle	60,90	1300	25	1187	<0,1	133	<0,2	<1	0,81	<0,5	46	0,19	2,3	4,2	164	<0,03	0,7	1,5	4,1	0,20	1,14	0,60	33,3
B/35	Breccienscholle	57,20	127	35	1799	<0,1	79	0,39	<1	0,99	3,4	52	0,24	2,9	20	181	<0,03	0,6	2,3	4,1	0,43	3,09	1,51	31,8
B/36	Breccienscholle	56,84	930	25	1040	<0,1	96	0,32	<1	1,54	7,8	70	0,28	6,7	8,5	154	<0,03	1,1	7,0	5,8	0,43	3,01	1,50	31,2
B/37	Breccienscholle	58,61	1500	15	487	<0,1	165	<0,2	<1	0,97	1,2	58	0,13	3,9	1,6	120	<0,03	1,0	3,5	4,1	0,30	2,36	1,21	31,9
	CARDITASCHOLLE																							
B/14	Baierstollen West	61,80	850	1,1	669	<0,1	469	<0,2	<1	1,04	<0,5	23	<0,05	3,3	0,95	561	<0,03	0,8	53	5,8	0,17	0,61	0,08	34,0
B/15	Johanni 1.Maxlf. 11m-Sch	62,44	480	1,2	1052	<0,1	104	<0,2	<1	0,89	2,7	25	<0,05	2,6	35	247	<0,03	0,5	11	5,7	0,10	0,53	0,19	34,5
B/16	86 m über 6. Lauf	58,23	480	1,3	990	<0,1	109	<0,2	<1	0,88	3,4	27	0,08	7,8	25	261	<0,03	0,9	7,3	5,7	0,09	3,33	0,20	32,3
B/17	44 m über 6. Lauf	62,62	500	2,3	1052	<0,1	135	<0,2	<1	1,49	1,6	32	<0,05	0,7	31	389	<0,03	<0,5	4,4	5,7	0,19	0,14	0,09	34,8
B/18	6. Lauf	57,72	137	4,5	1507	<0,1	85	<0,2	<1	0,76	7,7	60	<0,05	7,9	22	186	<0,03	0,6	7,0	4,8	0,09	3,50	0,71	32,0
B/19	7. Lauf	59,71	188	24	1250	<0,1	117	<0,2	<1	0,78	1,5	33	0,1	4,3	27	315	<0,03	<0,5	17	11	0,13	1,95	0,96	32,4
B/54	8. Lauf	60,5	67	137	3416	<0,1	44	1,1	<1	1,55	1,5	24	0,33	7,5	25	174	<0,03	1,0	22	5,7	0,57	1,8	0,52	33,6
B/20	10. Lauf	60,95	165	33	2443	<0,1	56	0,63	<1	1,59	3,3	24	0,08	2,7	39	105	<0,03	<0,5	14	5,7	0,04	0,73	0,33	34,8
B/21	11. Lauf	56,59	249	24	1295	<0,1	41	<0,2	<1	0,46	5,8	43	<0,05	8,3	39	93	<0,03	0,5	54	4,4	0,13	3,9	1,71	31,1
B/59	11. Lauf Auffahrung	59,70	500	7,9	1001	<0,03	120	0,7	<1	1,56	<1	81	<0,05	3,5	23	530	<0,03	0,92	3	5,7	0,16	1,24	0,44	30,5

Tabelle 5 (Fortsetzung).

Proben Nr.:	Bezeichnung	Zn %	Ge ppm	Ga ppm	Cd ppm	In ppm	Tl ppm	Se ppm	Te ppm	Fe %	Sb ppm	Mn ppm	Sn ppm	V ppm	Ag ppm	As ppm	Bi ppm	Co ppm	Mo ppm	Ni ppm	Pb %	Ca %	Mg %	S %
B/10	GERMANIUMGUGEL 2. Maxlauf	57,5	900	36	1267	<0,1	168	<0,2	<1	1,10	3,4	33	1,6	6,4	3,1	243	<0,03	1,0	1,7	3,9	1,11	2,71	10,36	32,7
B/6	5. Lauf	59,3	900	68	1471	<0,1	208	<0,2	<1	10,72	3,2	25	1	7,5	7,6	198	<0,03	0,9	1,6	3,9	0,32	2,25	10,28	32,5
B/9	zwischen 5. u. 6. Lauf	61,4	1200	7	450	<0,1	225	0,51	<1	10,95	0,9	22	0,2	2,4	10,67	158	<0,03	0,6	1,7	5,7	0,46	0,54	10,06	33,9
B/7	6. Lauf	62,6	53	52	3300	<0,1	24	<0,2	<1	10,12	2,7	23	0,2	1,4	11,0	183	<0,03	<0,5	<0,3	1,1	0,16	0,53	10,11	34,5
B/8	7. Lauf	59,33	209	123	2890	<0,1	55	0,52	<1	10,39	9,5	54	0,56	3,1	8	94	<0,03	<0,5	1,5	2,5	0,53	1,49	10,49	32,5
B/53	TORKERGUGEL 8. Lauf West	63,7	270	16	1930	<0,1	92	<0,2	<1	1,04	2,1	27	0,08	0,4	36	284	<0,03	0,5	2,0	5,9	0,83	0,05	10,2	34,2
B/50	KALKSCHOLLE Bellegarde	63,0	78	3	2764	<0,1	89	<0,2	<1	10,35	1,8	22	<0,05	0,9	10,63	178	<0,03	0,6	7,1	5,7	0,23	0,09	10,23	34,1
B/51	82 m über 6. Lauf	62,7	690	6,4	1156	<0,1	131	<0,2	<1	10,73	<1	23	0,09	4,3	7,2	128	<0,03	0,8	8,4	2,5	0,23	1,7	10,18	34,1
B/52	50 m über 6. Lauf	62,3	140	1,5	1992	<0,1	73	0,3	<1	10,74	<1	57	0,05	1,4	8,8	220	<0,03	<0,5	5,5	7,0	0,26	1,17	11,05	33,6
B/55	6. Lauf	60,5	79	19	3158	<0,1	77	<0,2	<1	10,23	1,3	22	<0,05	1,1	13,0	210	<0,03	<0,5	1,8	5,7	0,18	0,33	10,39	32,6
B/52	10. Lauf Förderstr. W	59,5	130	90	2610	0,03	9	0,3	<1	10,01	<1	44	0,05	1,1	9,8	5	<0,03	<0,5	0,42	<1	0,03	2,28	11,12	29,3

Außerdem wurde stichprobenweise eine externe Kontrollanalytik durchgeführt, die im wesentlichen eine ausgezeichnete Übereinstimmung mit dem eigenen Datenmaterial ergeben hat, ausgenommen für Germanium, das im ausländischen Labor nur teilweise in Lösung gebracht werden konnte und daher zu niedrige Werte aufwies. Gleichzeitig wurden mit der externen Multielementanalytik auch zusätzliche Konzentrationsdaten von Ag und Au mitgeliefert.

5.5. Analysendaten

Die Analysendaten sind in den Tabellen 5–12 dokumentiert:

- 5: Zinkerze; Schwerpunkt Bleiberg
- 6: Triasvererzungen (Gailtaler Alpen, Karawanken und Nordtiroler Kalkalpen)
Abkürzungen: AM = Alpiner Muschelkalk, Karawanken; WK = Wettersteinkalk; CD III = dritte Carditanschiefervererzung
- 7: Zinkerze aus dem Paläozoikum
- 8: Schwefelkiesproben (Kieskonzentrate)
- 9: Komplexe Kieserzproben
- 10: Antimonitproben
- 11: Fahlerzproben
- 12: Flug- und Feinstaubprobe aus der Verhüttung

6. Statistische Auswertung des Datenmaterials

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurden, abgesehen von Bleiberg, überwiegend Stichproben gezogen. Nur im Falle der noch produzierenden Pb-Zn-Lagerstätte Bleiberg stand eine ausreichende Probenzahl zur Verfügung. Weitere Daten stammen

Tabelle 5 (Fortsetzung).

Proben Nr.:	Bezeichnung	Zn %	Ge ppm	Ga ppm	Cd ppm	In ppm	Tl ppm	Se ppm	Te ppm	Fe %	Sb ppm	Mn ppm	Sn ppm	V ppm	Ag ppm	As ppm	Bi ppm	Co ppm	Mo ppm	Ni ppm	Pb %	Ca %	Mg %	S %
RIEDHARTSCHOLLE																								
B/23	5. Lauf	59,3	40	24	2455	<0,1	48	<0,2	<1	0,39	6,3	24	0,3	5,6	7,9	91	<0,03	<0,5	10	5,7	0,171	2,13	0,07	32,3
B/24	6. Lauf	61,3	41	56	3350	<0,1	8	<0,2	<1	0,03	0,8	25	0,06	2,2	22	7	<0,03	<0,5	<0,3	1,2	0,154	1,75	0,04	33,4
B/25	7. Lauf	61,8	60	36	2119	<0,1	57	<0,2	<1	0,44	0,8	16	0,62	2,6	6,2	149	<0,03	<0,5	0,65	5,7	0,143	0,71	0,15	33,9
B/32	7 m über 8. Lauf	58,98	157	57	1962	<0,1	77	<0,2	<1	0,55	1,9	21	1,1	5,6	10	180	<0,03	0,6	3,8	3,9	0,141	3,05	0,08	32,8
B/26	15 m über 8. Lauf	59,05	120	7,9	2195	<0,1	39	<0,2	<1	0,2	2,4	13	<0,05	7,0	2,8	174	<0,03	0,5	1,1	2,5	0,487	3,02	0,04	32,6
B/33	11. Lauf	60,72	128	35	2386	<0,1	80	<0,2	<1	0,3	1,1	24	0,09	2,7	23	81	<0,03	0,8	3,7	2,8	0,104	1,9	0,15	33,1
B/27	Aufbruch über Mittellf	61,22	167	21	2414	<0,1	50	<0,2	<1	0,32	1,3	17	0,15	2,3	33	69	<0,03	<0,5	1,5	1,5	0,187	1,22	0,07	33,7
B/28	Mittellauf	61,83	104	6,7	1588	<0,1	50	<0,2	<1	0,33	2,0	28	<0,05	0,4	0,34	288	<0,03	<0,5	<0,3	1,8	0,356	0,8	0,43	34,0
JOSEFISCHOLLE																								
B/60	5. Lauf	60,7	160	34	1644	<0,03	93	0,8	<1	0,43	<1	19	1,5	5,0	14	217	<0,03	0,7	1,5	6,4	0,13	1,96	0,52	30,9
B/29	6. Lauf	58,3	236	4,4	1097	<0,1	95	<0,2	<1	1,08	1,6	110	<0,05	3,1	11	317	<0,03	0,8	7,4	12	0,308	2,75	1,01	32,3
B/30	12 m über 8. Lauf	57,66	147	17	1550	<0,1	113	0,46	<1	0,74	2,2	23	0,22	6,7	4,6	430	<0,03	1,1	7,2	5,7	0,97	2,20	0,92	32,0
B/31	8. Lauf Ost	60,35	800	56	1796	<0,1	137	<0,2	<1	0,74	4,3	34	4	2,8	7,2	189	<0,03	0,7	1,5	5,7	0,384	1,29	0,62	33,3
B/56	92 m über 10. Lauf	62,6	190	<0,5	1780	<0,1	75	<0,2	<1	0,53	2,4	21	0,06	<0,3	1	228	<0,03	<0,5	1,2	5,7	0,15	<0,01	0,12	33,5
B/1	10. Lauf	61,24	78	17	2635	<0,1	45	0,31	<1	0,27	1,9	22	<0,05	1,4	14	182	<0,03	<0,5	4,2	3,9	0,195	1,16	0,55	33,3

Tabelle 5 (Fortsetzung).

Proben Nr.:	Bezeichnung	Zn %	Ge ppm	Ga ppm	Cd ppm	In ppm	Tl ppm	Se ppm	Te ppm	Fe %	Sb ppm	Mn ppm	Sn ppm	V ppm	Ag ppm	As ppm	Bi ppm	Co ppm	Mo ppm	Ni ppm	Pb %	Ca %	Mg %	S %
B/61	TIEFBAUSCHOLLE	55,5	700	20	1155	<0,03	130	1,6	<1	0,76	2	36	4,4	4,5	4,6	560	<0,03	<0,5	2,1	5,2	0,94	4,27	1,12	28,4
B/2	ALLERHEILIGEN 5. Scheibe über 2. Lauf	61,34	320	13	1242	<0,1	52	0,25	<1	0,68	104	14	0,51	1,8	3,7	101	<0,03	<0,5	0,3	2,6	0,124	1,39	0,02	34,0
B/3	4. Lauf	61,36	220	16	1711	<0,1	55	<0,2	<1	0,29	38	15	0,35	1,5	3,4	81	<0,03	<0,5	<0,3	2,0	0,504	0,86	0,01	33,7
B/4	5. Lauf	59,27	880	21	727	<0,1	256	<0,2	<1	1,40	14	29	0,16	3,6	2,4	514	<0,03	0,8	1,4	3,8	0,149	2,26	0,02	33,7
B/41	KALKGRUBE 7. Lauf (Carditadolomit)	63,1	100	60	3260	<0,1	24	<0,2	<1	0,84	<1	29	1,9	0,4	6,2	84	<0,03	<0,5	1,4	5,7	0,17	0,5	0,27	33,8
B/40	6. Lauf	62,9	350	11	1778	<0,1	37	0,32	<1	0,36	<1	19	0,53	2,6	3,8	51	<0,03	<0,5	0,78	1,7	0,79	0,84	0,06	33,8
B/39	7. Lauf	64,5	205	19	990	<0,1	21	0,51	<1	0,07	<1	24	0,35	2,1	0,6	21	<0,03	<0,5	<0,3	1,3	0,05	0,76	0,14	34,1
B/38	8. Lauf	60,0	102	11	1826	<0,1	13	0,23	<1	0,1	<1	18	5,4	4,8	11	16	0,13	<0,5	0,78	4,4	0,08	2,4	0,07	32,8
B/11	VORSICHT 5. Lauf	59,6	100	11	1967	<0,1	10	<0,2	<1	0,28	8,3	17	0,08	2,7	8,5	120	<0,03	<0,5	1	1,6	0,324	2,19	0,01	33,2
B/12	6. Lauf	53,74	225	18	1350	<0,1	9	1	<1	0,60	16,0	23	0,36	5,4	0,9	63	<0,03	<0,5	1,4	2,0	2,57	4,32	0,08	30,7
B/13	7. Lauf	61,81	86	4,2	1653	<0,1	15	<0,2	<1	0,13	14,2	15	<0,5	2,3	5,6	29	<0,03	0,7	<0,3	1,2	0,149	1,38	0,02	33,8
B/57	SONSTIGE BLEIBERG Schneidergr.Christofiverh	58,9	530	70	1340	<0,03	222	0,4	<1	0,94	<1	27	0,10	2	11	1100	<0,03	0,7	85	5,9	3,39	1,08	0,60	29,6
B/58	Bleiberg E, Sonns. Halde	61,7	350	9	1611	<0,03	55	1,4	<1	0,33	8	15	0,26	2	11	100	<0,03	<0,5	63	1,0	0,86	0,83	0,03	31,0

Tabelle 5 (Fortsetzung).

Proben Nr.:	Bezeichnung	Zn %	Ge ppm	Ga ppm	Cd ppm	In ppm	Tl ppm	Se ppm	Te ppm	Fe %	Sb ppm	Mn ppm	Sn ppm	V ppm	Ag ppm	As ppm	Bi ppm	Co ppm	Mo ppm	Ni ppm	Pb %	Ca %	Mg %	S %
	STEFANIE Wettersteinkalk																							
B/42	13. Lauf WI	61,1	300	23	1530	<0,1	115	0,32	<1	0,36	<1	32	0,44	2,6	4,4	109	<0,03	<0,5	<0,3	3,8	0,11	12,45	0,30	32,9
B/43	13. Lauf WII	62,7	115	14	1122	<0,1	21	<0,2	<1	0,19	<1	19	0,05	2,2	6,5	41	<0,03	<0,5	0,65	1,8	0,07	0,78	0,05	33,7
B/44	13. Lauf Osten	61,3	30	11	3392	<0,1	7	<0,2	<1	<0,01	1,2	18	<0,05	2,2	2,0	12	<0,03	<0,5	<0,3	1,0	0,38	1,8	0,14	33,5
B/45	13. Lauf Konradi	62,7	75	4,6	3254	<0,1	20	<0,2	<1	0,02	1,5	22	0,06	1,9	1,0	29	<0,03	<0,5	<0,3	1,0	0,11	0,68	0,03	33,5
B/46	13. Lauf 100m-Vererzung	62,6	180	7,1	2230	<0,1	27	0,22	<1	0,17	1,5	18	0,55	1,9	0,98	43	<0,03	<0,5	<0,3	1,6	0,12	1,12	0,12	33,9
B/47	13. Lauf Eismänner	64,1	150	6,4	2408	<0,1	12	<0,2	<1	0,25	<1	18	0,07	1,2	8,0	35	<0,03	<0,5	1,3	1,8	0,56	0,28	0,08	34,2
B/48	13. Lauf Eismännerluft	63,5	120	11	2616	<0,1	11	<0,2	<1	0,06	<1	15	0,11	1,2	5,3	217	<0,03	<0,5	0,8	<1	0,08	0,70	0,17	33,8
B/49	13. Lauf Johann	62,7	56	14	3160	<0,1	22	0,53	<1	0,01	2	12	<0,05	1,4	19,0	25	<0,03	<0,5	<0,3	1,4	0,14	0,47	0,07	33,0

von einem vorhergehenden Forschungsprojekt, so daß die Lagerstätte Bleiberg immerhin mit 146 Zinkblendeproben abgedeckt werden konnte. Bei diesem zusätzlichen Probenmaterial handelt es sich allerdings vorwiegend um Handstückmuster, aus denen die Zinkblende händisch herauspräpariert worden ist. Die statistische Auswertung konnte im Rahmen eines weiteren Forschungsprojektes (SCHROLL et al., 1991) unter Anwendung robuster Statistik vorgenommen werden, die, wie das Ergebnis zeigt, trotz der komplexen logarithmischen Häufigkeitsverteilung der Spurenelemente mit den in der Bergbaupraxis erhaltenen Durchschnittswerten ausgezeichnet übereinstimmt. Die Häufigkeitsverteilungskurven der Elemente Cd, Ga, Ge und Tl sind in Abb. 2a und b dargestellt, die Mittelwertbildungen sind der Tab. 13 zu entnehmen. Die Cd-Werte entsprechen noch am ehesten einer Normalverteilung. Allerdings treten zwei Häufigkeitsmaxima auf, die auch durch ältere Hauwerksbeprobung im Bergwerksbetrieb verifiziert ist (SCHROLL et al. 1991). Arithmetisches und robustes Mittel zeigen nur eine geringe Differenz und stimmen mit dem langjährigen Mittelwert überein, der bei der Analyse der Aufbereitungskonzentrate mit 0,19 % Cd gewonnen worden ist. Beim Germanium würde der arithmetische Mittelwert einen zu hohen Wert ergeben. Die Differenz zum niedrigeren robusten Mittelwert und auch zum Medianwert ist erheblich. Der empirische Mittelwert der bergmännischen Gewinnung wird mit 178 ppm Ge angegeben (Tab. 1) und kommt dem robusten Mittelwert am nächsten. Für die beiden weiteren Spurenelemente Ga und Tl gilt ähnliches: 11 ppm Ga und etwa 60 ppm Tl. Dieses Beispiel demonstriert nachhaltig, daß ohne Kontrolle der Häufigkeitsverteilung die Anwendung des arithmetischen Mittels trotz qualifizierter Probenahme und Analytik zu Fehleinschätzungen führt und unterstreicht den Vorteil robuster Statistik.

Tab. 13b zeigt die Mittelwertbildung für die in der Analysentabelle angeführten Zinkerzproben aus dem Westteil der Lagerstätte, die sich noch im Abbau befindet. Der Cd-Mittelwert beträgt gleichfalls 0,19 % Cd. Der arithmetische Mittelwert für Germanium erschiene wieder überhöht und sollte analog mit dem robusten Medianwert mit rund 110 ppm Ge anzusetzen sein, also fast um die Hälfte niedriger als der Durchschnittswert für die Gesamtlagerstätte. Der reale Durchschnittswert für Gallium ist mit rund 20 ppm gleichfalls niedriger, während der für Thallium wegen der guten Übereinstimmung des arithmetischen und robusten Mittelwertes mit 85 ppm Tl deutlich höher ausfällt. Daraus ergibt sich, daß bei Spurenelementen mit großer Variationsbreite der Konzentrationen eine größere Probenanzahl für die Bewertung zur Verfügung stehen muß. Nur von Lafatsch lagen zusätzliche Daten (N=30) vor, die eine statistische Aussage erlauben. Obwohl diese Daten von verschiedenen Probennehmern, Analytikern und Analysemethoden unterschiedlicher Güte stammen, ist die Übereinstimmung mit den beiden Konzentratproben von Lafatsch auf der Basis der robusten Statistik befriedigend, wie aus den Häufigkeitsdiagrammen (Abb. 3) zu ersehen ist. Für die übrigen beprobten Vorkommen lagen zum Teil unveröffentlichte Analysen von Sphaleritmustern vor, die mit vergleichba-

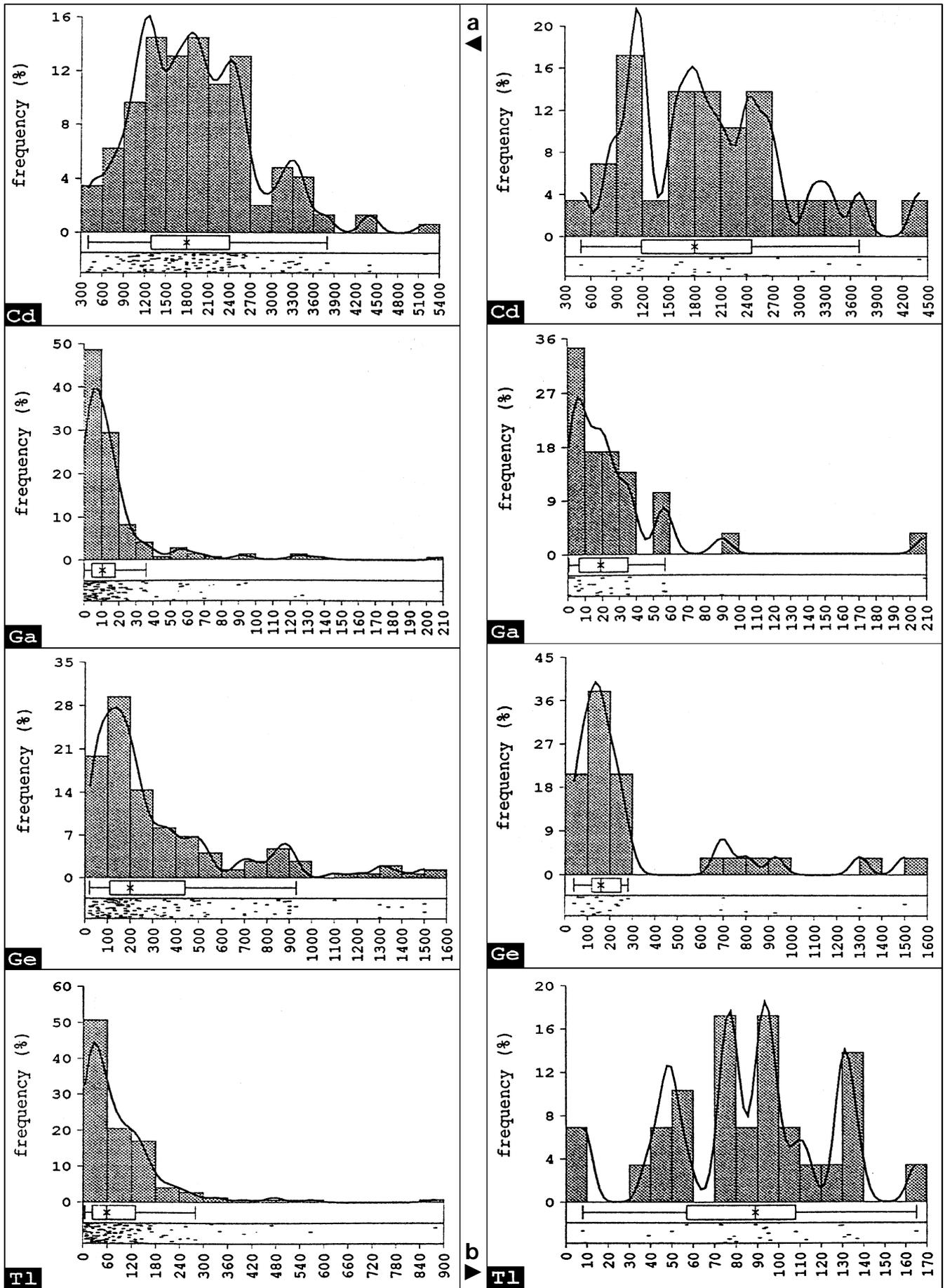


Abb. 2. Häufigkeitsverteilung von Cd, Ga, Ge und Tl in Sphaleritproben aus Bleiberg (a; N = 146) und aus dem Westen (b; N = 29).

Tabelle 6.
 Analysendaten der Triasvererzungen (Gailtaler Alpen, Karawanken und Nordtiroler Kalkalpen).

Proben Nr.:	Bezeichnung	Zn %	Ge ppm	Ga ppm	Cd ppm	In ppm	Tl ppm	Se ppm	Te ppm	Fe %	Sb ppm	Mn ppm	Sn ppm	V ppm	Ag ppm	As ppm	Bi ppm	Co ppm	Mo ppm	Ni ppm	Pb %	Ca %	Mg %	S %	
GAILTALER ALPEN																									
T/10	Windisches Alpl CDIII	61,2	250	7,8	1583	<0,1	150	1	<1	0,7	3	38	0,45	1,0	3,3	496	<0,03	<0,5	4,2	2	1,54	0,12	0,07	30,8	
T/13	Radnig WK	61,9	320	35	1634	<0,1	8	0,81	<1	0,2	3,8	47	0,41	4,1	11,0	47	<0,03	0,8	2,4	1,7	0,05	1,29	0,26	31,5	
T/14	Jauken WK	61,9	1500	36	1318	<0,1	70	<0,2	<1	0,4	<0,5	130	0,44	3,3	0,6	20	<0,03	0,6	2,3	<1	0,13	0,87	0,43	33,4	
T/16	Koim/Dellach i. Dr. AM	60,2	14	4,5	908	0,35	42	0,69	<1	0,4	88	79	0,56	1,1	0,48	33	0,2	0,7	0,43	<1	0,68	0,84	0,45	32,9	
T/24	Pirkach CDIII	53,3	400	193	3762	<0,1	39	0,45	<1	2,6	27	12	2,10	8,7	1	230	<0,03	1,0	2,2	1,7	0,07	5,77	0,05	32,2	
S/24	Pirkach (Zn+Fe Mischkonz) CDIII	50,0	325	164	3485	<0,1	28	0,42	<1	6,7	16	26	1,40	5,9	0,6	349	<0,03	1,3	3,2	1,2	0,06	5,74	0,04	32,3	
KARAWANKEN																									
T/17	Hochobir (Revier Fladung) WK	61,1	900	66	3828	<0,1	190	<0,2	<1	0,3	6	24	0,36	2,1	8,5	89	<0,03	1,0	0,75	9,1	0,32	1,11	0,11	33,4	
T/1	Mesiča	60,4	1100	30	1311	<0,03	208	0,5	<1	1,07	<1	27	<0,05	1,3	1,6	800	<0,03	<0,5	2,00	7,7	0,38	1,34	0,72	30,2	
T/26	Mesiča	60,6	76	40	3482	<0,03	4	0,8	<1	<0,01	<1	23	0,11	1,3	14	17	<0,03	<0,5	2,60	<1	0,22	1,54	0,68	29,7	
T/28	Mesiča	61,7	250	78	2829	<0,03	8	0,6	<1	<0,01	<1	18	<0,05	0,4	2,2	20	<0,03	<0,5	0,65	<1	0,05	0,83	0,42	30,4	
NORDTIROLER KALKALPEN																									
T/21	Nassereith (Revier Feigenstein) WK	60,4	44	3,6	2379	<0,1	57	<0,2	<1	0,5	78	9	0,18	1,8	188	293	<0,03	<0,5	<0,3	1,3	0,50	1,50	0,09	33,2	
T/22	St. Veith im Tegestal (Heiterwand) AM	59,7	135	59	2475	<0,1	13	1,3	<1	0,5	98	22	40	2,0	48	301	<0,03	1,1	1,8	3,1	0,73	1,29	0,23	33,2	

Tabelle 7.
Analysendaten von Zinkerzen aus dem Paläozoikum.

Proben Nr.:	Bezeichnung	Zn %	Ge ppm	Ga ppm	Cd ppm	In ppm	Tl ppm	Se ppm	Te ppm	Fe %	Sb ppm	Mn ppm	Sn ppm	Cu ppm	V ppm	Ag ppm	As ppm	Bi ppm	Co ppm	Mo ppm	Ni ppm	Pb %	CaO %	MgO %	S %
P/1	Meiselding	3,7	3	10,25	200	50	25	67	<2	24,2	500	n.b.	47	42000	n.b.	740	60	100	n.b.	n.b.	n.b.	32,4	12,10	0,01	17,0
P/2	Metnitz - Veilach	56,5	370	200	1442	9	17	0,29	<1	16,76	115	385	12	n.b.	2,0	66	<1	0,12	470	4,1	22	10,23	10,95	10,02	34,8
P/3	Koprein	58,9	3	7,1	2418	88	<3	1,50	<1	3,90	62	170	80	n.b.	1,1	110	8	1,00	690	2,5	7,1	10,53	10,32	10,03	34,8
P/4	Oberzeiring	49,9	3,2	5,7	10,47	6,3	3,9	<2	<2	2,10	700	n.b.	40	700	n.b.	448	<5	<0,50	n.b.	n.b.	n.b.	10,3	10,1	0,01	21,0
	Silberbergstollen 2. Hangendlager	61,3	<10	24	2200	10	<5	-	-	3,6	100	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	40	9	n.b.	105	n.b.	n.b.	0,78	-	-	-
	Ludwigst. Übelbach	61,1	<10	25	2050	<5	<5	-	-	4,25	17	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	-	4	n.b.	-	n.b.	n.b.	10,14	-	-	30,4
	Arzberg-Haufenreith	60,1	<10	11	1800	28	<5	<5	<5	4,52	17	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	12	16	n.b.	-	n.b.	n.b.	10,3	-	-	31,6
P/6	Tösens	57,5	15	45	2800	47	2,7	3	<2	5,10	1000	n.b.	100	800	n.b.	102	60	0,5	n.b.	n.b.	n.b.	12,3	10,3	0,01	20,5
P/8	Kirchbachgraben	29,2	2,5	0,28	1344	1,7	1,3	8	11	126,7	100	n.b.	<1	3000	n.b.	1,7	1500	29	n.b.	n.b.	n.b.	4,0	1,7	0,01	32,0

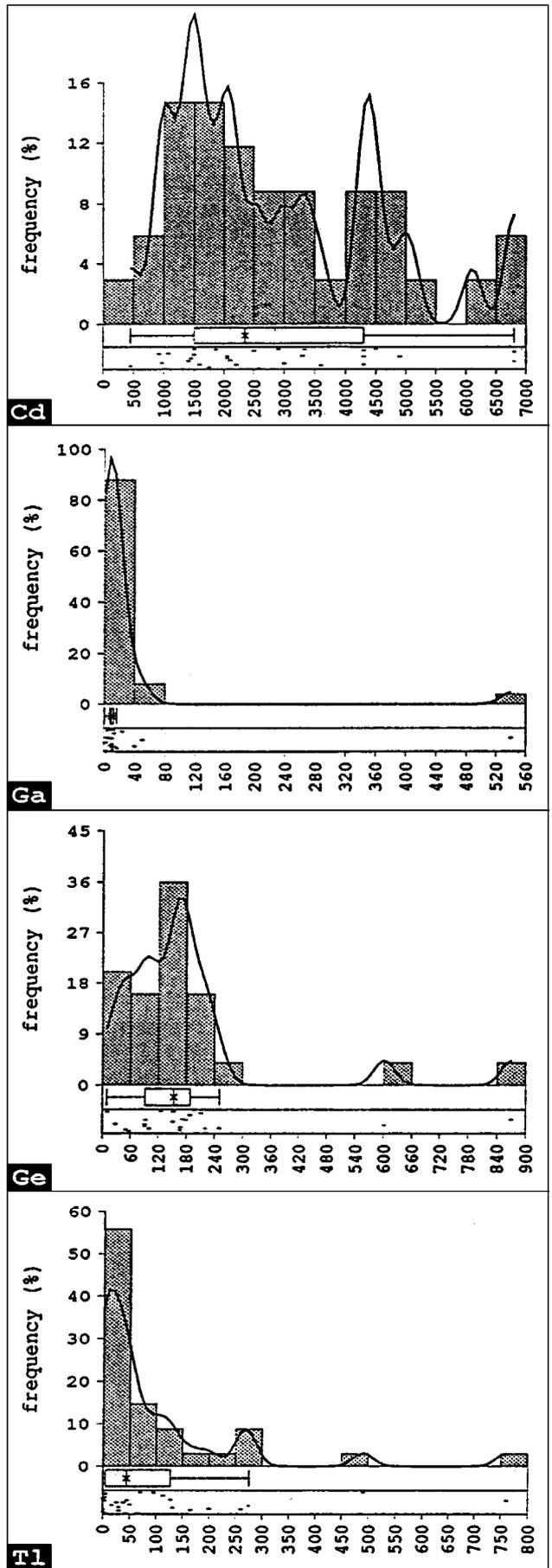


Abb. 3.
Häufigkeitsverteilung von Cd, Ga, Ge und Tl in Sphaleritproben aus Lafatsch (n = 30).

Tabelle 8.
Analysendaten von Schwefelkies-Konzentraten.

Proben Nr.:	Bezeichnung	Zn %	Ge ppm	Ga ppm	Cd ppm	In ppm	Tl ppm	Se ppm	Te ppm	Fe %	Sb ppm	Sn ppm	Cu %	Ag ppm	As ppm	Bi ppm	Au ppm	Pb %	CaO %	MgO %	S %	Al ₂ O ₃ %	SiO ₂ %
S/7	Kirchbachgraben	0,04	0,2	0,05	3,3	2	<1	12	7	43,1	240	<1	0,7	53	400	18	0,31	0,02	0,2	<0,01	44,6	0,4	3,1
S/9	Naintsch	0,04	<0,1	0,1	2,1	<0,1	0,5	<2	<2	47,0	<100	<1	0,01	0,9	400	<0,1	<0,03	0,01	<0,01	<0,01	45,1	0,08	2,0
S/17	Panzendorf	6,00	3,5	0,5	216	43	12	23	<2	41,7	800	400	7,8	89	2200	118	0,72	1,5	0,2	1,2	34,0	0,7	2,3
S/18	Ausservillgraten	6,30	3,2	0,9	300	122	4,3	82	<2	42,6	100	700	10,3	69	1000	158	0,72	1,3	0,04	1,0	30,0	0,9	3,0
S/19	Tessenberg	0,70	<0,1	<0,1	21	12	0,8	37	<2	52,0	50	60	2,2	5,6	700	148	0,62	0,03	0,03	0,7	40,9	0,3	1,3
S/21	Erzberg Eisenerz	0,05	0,5	<0,1	4,2	0,4	0,5	57	<2	47,5	2300	28	9,1	5,0	600	4,8	<0,03	0,01	0,3	0,7	39,1	0,1	0,8
S/25	Jenig/Danz (Gailtal)	0,25	1,6	24	30	1,3	4,5	74	6	44,5	65000	<1	0,14	4,35	100	5	0,06	0,01	0,3	<0,01	28,5	2,4	15,7
S/28	Pusterwald	0,2	<0,1	3,2	13	0,3	2,7	64	<2	48,3	40	<1	0,1	3,1	1100	0,68	<0,03	0,01	0,3	0,8	37,9	1,1	8,9

Tabelle 9.
Analysendaten von komplexen Kieserzen.

Proben Nr.:	Bezeichnung	Zn %	Ge ppm	Ga ppm	Cd ppm	In ppm	Tl ppm	Se ppm	Te ppm	Fe %	Sb ppm	Sn ppm	Cu %	Ag ppm	As ppm	Bi ppm	Au ppm	Pb %	CaO %	MgO %	S %	Al ₂ O ₃ %	SiO ₂ %
M/2	Politzberg	2,30	3,3	0,9	108	25	10	32	6	44,7	150	68	1,3	56	700	90	0,25	1,9	0,1	1,1	36	0,9	1,7
M/8 I	Nöckelberg	0,21	1300	8,7	17	22	0,4	<2	<2	33,4	2000	300	20,2	24	24000	53	0,09	0,26	0,2	2,6	29	0,3	1,0
M/8 II	Nöckelberg	0,18	900	16	14	24	0,5	<2	<2	36,0	1800	300	27,0	268	18000	41	0,03	0,25	0,1	2,6	27	0,4	1,5
M/9	Nöckelberg (Kieskonz.)	0,07	1135	14	4	17	0,5	<2	6	34,2	1900	130	30,4	28	16400	38	<0,03	0,018	0,07	1,3	29	0,2	0,6

Tabelle 10.
Analysendaten von Antimonproben.

Proben Nr.:	Bezeichnung	Zn %	Ge ppm	Ga ppm	Cd ppm	In ppm	Tl ppm	Se ppm	Te ppm	Fe %	Sb ppm	Sn ppm	Cu %	Ag ppm	As ppm	Bi ppm	Au ppm	Pb %	CaO %	MgO %	S %	Al ₂ O ₃ %	SiO ₂ %
A/6	Radlbergalm	0,03	<0,3	0,4	4,8	0,26	<5	42	<2	1,6	62,4	<3	0,06	109	300	1	<0,03	5,7	0,05	<0,01	17	0,3	4,1
A/7	Lessnig	0,04	0,3	0,4	66	1,6	<5	43	<2	10,7	52,0	<3	0,06	30	1600	7,7	0,03	3,4	0,1	0,1	17	0,2	2,5

Tabelle 11.
Analysendaten von Fahlerzproben.

Proben Nr.:	Bezeichnung	Zn %	Ge ppm	Ga ppm	Cd ppm	In ppm	Tl ppm	Se ppm	Te ppm	Fe %	Sb ppm	Sn ppm	Cu %	Ag ppm	As ppm	Bi ppm	Au ppm	Pb %	CaO %	MgO %	S %	Al ₂ O ₃ %	SiO ₂ %
F/1	Falkenstein	5,3	1,7	<0,1	300	3,6	4,7	<2	5	1,7	16,1	<1	34,3	2579	65000	1045	<0,03	<0,01	1,4	2,8	18,0	0,1	1,1
F/2a	Abfaltersbach	0,3	2	<0,1	61	6,2	11,0	55	<2	9,1	29,9	90	4,6	936	700	500	0,28	31,2	0,1	0,5	15,3	<0,02	0,9
F/2b	Abfaltersbach	0,2	1,7	<0,1	14	5,8	4,4	35	<2	31,4	20,0	5	3,0	577	2000	220	0,4	18,9	0,4	5,6	10,0	0,8	7,1
F/5	Nöckelberg	0,17	700	5	20	29	0,8	<2	<2	28,4	0,3	600	22,9	32,6	75000	50	0,03	0,06	0,5	6,1	27,0	0,2	0,7
F/6	Leogang / Hütten	0,03	1,0	3	<1	<3	<0,3	<2	<2	11,5	0,01	10	2,5	238	1100	80	0,03	<0,01	6,2	31,0	-	1,1	5,2
F/7	Leogang / Hütten	<0,01	0,5	3	<1	<3	<0,3	<2	<2	24,5	0,01	3,5	0,48	63,8	3800	18	0,03	<0,01	4,0	19,3	-	1,5	4,3
F/8	Oberzeiring	0,09	2,5	0,3	30	3	<3	7	<2	0,43	0,13	<3	0,19	578	100	10	0,06	82,3	0,14	<0,01	2,6	<0,01	0,17

Tabelle 12.
Analysendaten von Flug- und Feinstaubproben aus der Verhüttung.

Proben Nr.:	Bezeichnung	Zn %	Ge ppm	Ga ppm	Cd ppm	In ppm	Tl ppm	Se ppm	Te ppm	Fe %	Sb ppm	Mn ppm	Sn ppm	V ppm	Ag ppm	As ppm	Bi ppm	Co ppm	Mo ppm	Ni ppm	Pb %	Ca %	Mg %	S %
FF/7	Zinkstaub Marienhütte Graz	37,7	-	-	738	-	-	1,77	<1	14,5	-	-	-	-	-	58	<0,03	-	-	-	6,84	1,2	4,7	4,3

Tabelle 13. Mittelwertbildung [ppm] für Sphalerite aus Bleiberg (a; N = 146) und aus dem Westen der Lagerstätte (b; vererzte Schwellenfazies am Rand der Lagerstätte; N = 29).

Element	Arithmetisches Mittel	Robustes Mittel (nach HAMPEL)	Median	Robuster Medianwert	
Cadmium	1914	1873	1800	—	a
Gallium	18,2	11,1	10,5	9,9	
Germanium	334,8	275,3	200	180	
Thallium	96,6	76,6	59	63	
Cadmium	1977	1937	1800	—	b
Gallium	29,4	21,4	19,0	18,8	
Germanium	319	184	160	113	
Thallium	85,2	85,6	89,0		

rer Analysenmethode und Kalibration von SCHROLL (unveröffentlichte Daten) erhalten und im Kapitel 7.2. zum Vergleich mitangeführt werden.

7. Spezialmetallgehalte in den untersuchten Erzvorkommen

7.1. Spezialmetallgehalte in ZnS-Konzentraten der Lagerstätte Bleiberg-Kreuth

Die in den Draukalkalpen und Nordtiroler Kalkalpen weiterverbreiteten, an Schichtglieder der anisichen und karnischen Stufe gebundenen Pb-Zn-Vererzungen weisen im alpinen Raum bei weitem das größte geologische Vorratspotential an Erzen auf. Die Zinkblendendekonzentrationen dieser Erze sind, abgesehen von minerogenetisch bedingten Schwankungen, wesentliche Träger von Spezialmetallen, insbesondere Germanium, Cadmium, untergeordnet Gallium und Thallium. Indium fehlt in diesen karbonatgebundenen Vererzungen.

Die Pb-Zn-Vererzungen der alpinen Trias waren Gegenstand jahrhundertelanger Bergbautätigkeit. Von einem ursprünglichen Metallpotential von rd. 7 Mio. t, wovon rd. 3 Mio. t Pb- und Zn-Metall auf die Lagerstätte Bleiberg-Kreuth entfallen, sind zum heutigen Zeitpunkt im Raum Bleiberg-Kreuth noch 2 Mio. t Erz vorhanden, in den übrigen Anteilen der kalkalpinen Trias sind noch rund 1,5 Mio. t Erz als geologisch wahrscheinlich zu bezeichnen.

Seit den Jahren 1958 wird Cadmium und Germanium aus Bleiberger Zinkkonzentraten hüttentechnisch gewonnen. Die Verkaufstatistik zeigt, daß in den vergangenen 34 Jahren 174 t Germanium (gerechnet als Metall) und 967 t Cadmium aus Bleiberger z.T. auch Raibler Konzentraten produziert worden sind.

Aus der Vielzahl (>1000) von Zinkblendendekonzentraten von Erzproben, die seit den 50er Jahren bis zum heutigen Tag im Bergbau Bleiberg über die gesamte Lagerstätte und die angrenzenden Hoffnungsräume gezogen und auf Spezialmetalle analysiert worden sind, ergibt sich als gerundetes, statistisches Mittel:

200 ppm Ge
1800 ppm Cd
60 ppm Tl
10 ppm Ga

Die Zinkerze sind praktisch frei von Indium, Selen und Tellur. In Tab. 14 sind die Jahresdurchschnitte an Germanium in Zinkblendekonzentraten aus Bleiberg im Zeitraum 1980 bis Mitte 1991 angeführt. In diesem Zeitraum wurde vorzugsweise germaniumarme Zinkblende aus den westlichen Revieren gefördert.

Tabelle 14. Cadmium/Germanium-Konzentrationen in ZnS-Konzentraten.

Zeitraum	% Zn	% Cd	% Ge	% Cd	% Ge
1980	58,66	0,217	0,0170	0,211	0,0165
1981	57,78	0,213	0,0172	0,210	0,0170
1982	57,93	0,216	0,0175	0,213	0,0172
1983	57,90	0,214	0,0168	0,211	0,0165
1984	57,62	0,212	0,0158	0,210	0,0156
1985	57,29	0,207	0,0167	0,206	0,0166
1986	56,82	0,179	0,0198	0,180	0,0199
1987	56,42	0,170	0,0224	0,172	0,0226
1988	56,37	0,162	0,0194	0,164	0,0196
1989	55,99	0,169	0,0163	0,172	0,0166
1990	56,99	0,167	0,0169	0,167	0,0169
-VIII/1991	57,94	0,173	0,0147	0,170	0,0145
1980 bis VIII/1991	57,31	0,192	0,0175	0,191	0,0174
				Umrechnung auf 57 % Zn	

Die lagerstättenkundlichen und minerogenetischen Forschungsarbeiten der letzten Jahre haben ergeben, daß die Gehalte an Spezialmetallen sich nach folgenden Kriterien richten:

- 1) Abhängigkeit von der Geometrie der Erzkörper
 - Schichtgebundene Vererzungen mit erhalten gebliebenen primären Erztexturen weisen generell hohe Spezialmetallgehalte, insbesondere Germanium, auf.
 - Kluff- und gangförmige Erzkörper zeigen eine Verarmung an Spezialmetallen.
 - Stockförmige (großräumige) Erzkörper zeigen ebenfalls eine Verarmung an Spezialmetallen.
- 2) Die stratigraphische Position, Teufenlage und regionalgeologische Position der Erzkörper nimmt keinen signifikanten Einfluß auf die Spezialmetallgehalte. Innerhalb schichtgebundener Vererzungen zeigt sich der Trend, daß im Vererzungsmaximum auch ein Maximum an Spezialmetallen auftritt, in der räumlichen Achse eine Abnahme der Spezialmetallgehalte, korrespondierend mit der Vererzungsintensität, erfolgt. Als Beispiel wird die sogenannte „Germaniumgugel“ (Grube Kreuth, Westschacht) angeführt, wo im Vererzungszentrum bis 1.200 ppm Ge in der Zinkblende gefunden werden; das Ausklingen der Vererzung gegen SW (7. Lauf) wird mit 200 bzw. 60 ppm Ge dokumentiert.

Probenahme

Die Probenahme im Bergbau Bleiberg-Kreuth (62 Probenahmestellen) richtete sich im wesentlichen auf

- im Verhieb befindliche Erzkörper
- auf Hoffnungsräume.

Der Vollständigkeit halber wurde auch der Tiefbau der Grube Stefanie (13. Lauf) in die Probenahme miteinbezogen, obwohl zum Zeitpunkt der Beprobung die Schließung des Tiefbaues aus wirtschaftlichen Gründen bereits feststand. Die großteils ausgeerzte Grube Rudolf wurde nicht mehr beprobt, da überdies auch Daten von einem vorhergehenden Forschungsprojekt verfügbar waren.

Beprobungsschwerpunkte

- 1) Flächenvererzungen; schichtgebunden
 - Allerheiligen
 - Torkergugel
 - Germaniumgugel
 - Kalkgrube
 - Vorsichtvererzung (Breccienerze)
 - Tiefbau Grube Stefanie (13. Lauf)
- 2) Carditascholle; schichtgebunden
- 3) Schwellenfazies am Südrand und Stockwerksvererzungen
 - Kalkscholle
 - Riedhartscholle
 - Josefischolle
 - Explorationsprojekt Erlach; Breccienscholle

Aufgrund langjähriger Untersuchungen wird festgehalten, daß Zinkblenden, die einer Stoffwanderung (Mobilisation) unterlagen, eine Verarmung von Spezialmetallen, insbesondere des Germaniums, aufweisen. Dies trifft zumindest für die stockförmigen, großräumigen Erzkörper in der Lagerstätte Kreuth zu. Jüngere Schalenblendeabscheidungen, wie beispielsweise in der Grube Max oder auch die rote Schalenblende in Raibl, reichern jedoch Germanium an. Rekristallisierte helle bis weiße, also eisenarme Zinkblenden syndiagenetischer Prägung aus der Bleiberger Sonderfazies sind besonders arm an Germanium (Extremwert 0,3 ppm Ge, SCHROLL (1954)).

Da aus bergwirtschaftlichen Gründen nur mehr Erzkörper dieses Typs (Josefischolle, Kalkscholle, Riedhartscholle) abgebaut werden, ist der Rückgang der Ge-Gehalte offensichtlich.

Die im Explorationsprojekt Erlach (14. Lauf) erschlossenen Zn-betonten Erzbreccien weisen Ge-Gehalte von 900 bis 1500 ppm auf. Die absätzigen Erzführungen stehen mit 1000 t Vorräte zu Buche und sind nach heutigem Kenntnisstand nicht als wesentliches Ge-Potential zu betrachten.

Schlußbemerkung

Die Probenahme im Bergbau Bleiberg-Kreuth stellt eine weitere Dokumentation des Chemismus der Erze dar, die in einem früheren Forschungsprojekt begonnen worden ist, sodaß für die gesamte Lagerstätte Daten von 146 Zinkerzproben vorliegen.

Die einschneidenden Maßnahmen der Jahre 1988/89 führten zu einer Konzentration der Abbauführung auf großräumige Erzkörper, z.B. der Josefischolle. Viele der zu Projektbeginn beprobten Erzkörper sind heute aufgrund nicht ausreichender Metallgehalte, der Vorratssituation bzw. nicht mehr vorhandener Infrastruktur als technisch nicht greifbar zu bezeichnen. Die errechneten Mengen an Spezialmetallen stellen somit nur ein geologisches Vorratspotential dar.

Dieser Vorrat beträgt für Germanium: 36 t
Cadmium: 378 t
Thallium: 12 t
Gallium: 2 t

7.2. Erz aus karbonatgebundenen Pb-Zn-Vererzungen in der Trias

Nachstehend angeführte Vorkommen werden kurz beschrieben und aufgrund ihrer Höflichkeit an Primärmineralisationen (ZnS-Gehalt) bewertet.

7.2.1. Gailtaler Alpen (außer Bergbau Bleiberg)

Windisches Alpl (Wertschacher Alpe)

Lage: 3 km westlich vom Bergbau Kreuth, S.H. 1600 m.
Stratigraphie: Hangende Raibler Schichten.
Erztypus: Strukturgebunden, netzartig – disseminiert.
Exploration: 1978–1981 von BBU abgebohrt, bauwürdige Reserven nicht festgestellt.
Probenahme: Sammelprobe aus zugänglichem Grubengebäude und Klaubhalde (Derberze).
Spezialmetalle: Ge: 250 ppm, Ga: 7,8 ppm, Cd: 1583 ppm, Tl: 150 ppm.
Literatur: Interne BBU-Berichte

Radnig

Lage: 4 km nördlich von Hermagor.
Stratigraphie: Hangender Wettersteinkalk.
Erztypus: Zwei schichtgebundene Lagervererzungen.
Mächtigkeit: 0,2–1,5 m.
Metallgehalt: 5 % Zn, 1 % Pb, 6–8 % CaF₂ auf Lagermächtigkeit (geschätzt).
Geschätzte geol. Vorräte: 75.000 t (aufgrund bestehender bergmännischer Auffahrungen).
Exploration: Teufenerkundung mit Bohrungen möglich.
Probenahme: Sammelprobe aus zugänglichem Grubengebäude und Haldenmaterial.
Spezialmetalle: Ge: 320 ppm, Ga: 35 ppm, Cd: 1634 ppm, Tl: 8 ppm.
Andere Analysen: (N=1): Ge: 440 ppm, Ga: 9,2 ppm, Cd: 1300 ppm, Tl: 33 ppm.
Literatur: FRIEDRICH (1964); CERNY (1989).

Kolm/Dellach

Lage: Drautal, 2 km westlich von Dellach, alter Schurfbergbau.
Stratigraphie: Alpiner Muschelkalk, tektonisch aufgeschobener Sporn auf Kreuzeckkristallin.
Erztypus: Schichtgebundene Zn-Pb-Vererzung im anisischen „Zwischendolomit“.
Vorräte: Lagerstätte nahezu ausgeerzt. Aufgrund der tektonischen und morphologischen Situation keine wesentlichen Erzreserven möglich. Exploration unter Talsohle wegen zu erwartender Kleinräumigkeit der Erzführungen nicht sinnvoll.

Probenahme: Sammelprobe aus Halde des Unterfahrungsstollen (Haldenrest von wenigen 100 Tonnen).

Spezialmetalle: Ge: 14 ppm, Ga: 4,5 ppm, Cd: 908 ppm, Tl: 42 ppm (geringe Gehalte an Spurenelementen sind typisch für Erzvorkommen der anisichen Stufe).

Literatur: SUSSMANN (1901).

Jauken

Lage: Gipfelregion des Jauken-Hauptkammes, S.H. 2100 m, exponierte Lage ohne Wasser- und Energieversorgung; nördlich St. Daniel im Gailtal bzw. südöstlich von Oberdrauburg.

Stratigraphie: Hangender Wettersteinkalk, „Jaukenkalk“ nach VAN BEMMELN, 1957.

Erztypus: Schichtgebunden bzw. im Schichtverband verlaufende tektonische Struktur mit Dolomitbildung. Erzführung wird von der Dolomitisierung kontrolliert. Söhlige Lagerung – Ausbißlinie nördlich und südlich des Jauken-Kammes.

Vorräte: N-S-Erstreckung 250 m, Breite: ca. 30 m.

Mächtigkeit: Ca. 2 m; aufgrund der Morphologie der Gipfelregion max. 50.000 t möglich; Kern der Erzführung vermutlich abgebaut.

Metallgehalt: 6 % Zn, 0,5 % Pb.

Explorationswürdigkeit: Bedingt durch die tektonische Abstaffelung des Wettersteinkalkes gegen Süden ergibt sich eine prinzipielle Chance, Erze aufzufinden; Studium von Tektonik und Paläographie sind Voraussetzung für eine nachfolgende Exploration.

Probenahme: Sammelprobe von mehreren Derberzhalden (Klaubhalden) – ca. 150 t Halden-erzreserven.

Spezialmetalle: Ge: 1500 ppm, Ga: 36 ppm, Cd: 1318 ppm, Tl: 70 ppm.

Andere Analysen: (N = 9) Ge: 1000 ppm, Ga: 21 ppm, Cd: 1720 ppm, Tl: 50 ppm.

Literatur: HAGENMEISTER (1986); CERNY & HAGENMEISTER (1986).

Pirkach (Hochstadel)

Lage: 3 km südlich von Oberdrauburg, westliche Ausläufer der Gailtaler Alpen, Pirkach: S.H. 720 m, Hochstadel S.H. 2.100 m.

Stratigraphie: Hangende Raibler Schichten, ca. 18 m hangend 3. Raibler Schieferton.

Erztypus: Schichtgebundene Zn-Pb (F, Fe) Vererzung (Typus Rubland). Die Erzführung wurde an beiden Lokalitäten beschürft (SUSSMANN, 1901).

Vorräte: Die beiden beschürften Erzausbisse lassen keine Reservenberechnung zu. Sedimentologische Bearbeitungen (HAGENMEISTER 1986) haben ergeben, daß die Erzführung im Talgrund (Pirkach) und im Schurfbergbau am Hochstadel stratigraphisch ident sind. Entlang der Ausbißlinie (3 km) sind im alpinen Steilgelände mehrfach Brandenzonen erkennbar. Ver-

gleiche mit den sehr ähnlichen Verhältnissen der explorierten Lagervererzung von Rubland (nördlich Bleiberg) erscheint ein geologischer Erzvorrat von 0,4 Mio. t möglich. Ein Metallgehalt von 4 % Zn und 1 % Pb gilt als wahrscheinlich. Die Mächtigkeit der Erzführung beträgt im Aufschluß 1 m.

Explorationsvorschlag: Geologische Detailkartierung und Probenahme – Explorationsbohrungen zur Erkundung des Niedersetzens im Talgrund möglich – entlang der Ausbißlinie wäre Hubschraubereinsatz erforderlich.

Probenahme: Sammelprobe aus dem Anstehenden, Pirkach und Hochstadel.

Spezialmetalle: Ge: 400 ppm, Ga: 193 ppm, Cd: 3762 ppm, Tl: 39 ppm. Selektives Kieskonzentrat ohne wesentliche Anreicherung an Spezialmetallen.

Literatur: SUSSMANN (1901).

7.2.2. Karawanken

Die alten Bergbaureviere Windisch-Bleiberg und Petzen gelten als ausgeerzt bzw. unbauwürdig. Eine Beprobung der weit verstreuten und schwach erzhaltigen Halden wurde aus vorgenannten Gründen unterlassen und die Beprobung auf den Raum Hochobir konzentriert.

Hochobir

Im Gebirgsmassiv des Hochobir sind eine Unzahl von Bergbauaktivitäten (17. – 19. Jhd.) bekannt, die sich fast ausschließlich auf bleibetonte, diskordante Erzführungen im oberen Wettersteinkalk konzentrierten. In einer, in der Kreiszeit von der BBU durchgeführten Aufschlußphase, konnten keine bauwürdigen Erzreserven nachgewiesen werden, so daß keine Probenahme an den bleibetonten Vererzungsresten vorgenommen worden ist. Das am S-Rand des Hochobir befindliche Bergbaurevier Fladung zeigt auf z.T. erzeichen Halden zinkbetonte, schichtige Erztypen, die dem klassischen Bleiberger Lagunar-Typ entsprechen. Erzführungen im hangenden Carditaniveau (Raibler Schichten) sind aus faziellen Gründen (kalkige Fazies) nicht zu erwarten.

Literatur: CERNY et al. (1982); CERNY (1989).

Revier Fladung

Lage: S.H. 1.200–1.300 m, direkt an der Eisenkappler Hüttenstraße.

Stratigraphie: Hangender Wettersteinkalk in Bleiberger Sonderfazies entwickelt.

Erztypus: Schichtig, ZnS-PbS Rhythmite mit kolloidalen Erztexturen. Lagerungsverhältnisse weitgehend unbekannt, da geologische Detailkartierung fehlt.

Vorräte: Unbekannt; aufgrund der Schürfe und Einbauten ist eine E-W-Erstreckung von rd. 1 km als Hoffnungsgebiet anzunehmen. In Analogie zu Bleiberger-Verhältnissen dürfte ein Potential von 0,3 Mio. t (ca. 2 % Pb, 3,5 % Zn) Erz, Kategorie C2 vorhanden sein.

Explorationswürdigkeit: Die Pb-betonten diskordanten Erzführungen leiten über in schichtgebundene Zn/Pb-Vererzungen im Süden. Analog zur paläographischen Situation in Blei-

berg sollte am Südrand des Hochobir in Erwägung gezogen werden, ob eine Schwellenfazies geologisch-tektonisch möglich ist. Voraussetzung für eine Exploration: geolog. Detailkartierung (Paläogeographie), Tektonik und Karbonat-sedimentologie mit Geochemie.

Probenahme: Sammelprobe von der Fladung-Halde und anstehenden Erzen entlang der Straße.

Spezialmetalle: Ge: 900 ppm, Ga: 66 ppm, Cd: 3.828 ppm, Tl: 190 ppm.

Andere (N = 22) aus verschiedenen Revieren: Ge: 280 ppm, Ga: 146 ppm, Cd: 5000 ppm, Tl: 70 ppm.

Aufgrund der ungewöhnlich hohen Ge-, Ga- und Cd-Gehalte der Zinkblenden erscheint eine detaillierte geologische Untersuchung angebracht.

Literatur: CERNY et al. (1982).

Mezica (Grabenrevier)

Das am S-Rand des Bergbaues Mezica aufgeschlossene Grabenrevier zeigt Zn-betonte Erzführungen in Schwellen-(Riff)fazies. Zu Vergleichszwecken wurden 3 Proben aus dem Anstehenden in die geochemischen Untersuchungen miteinbezogen.

Andere (N = 44) aus der Gesamtlagerstätte verschiedener Herkunft: Ge: 145 ppm, Ga: 10 ppm, Cd: 3000 ppm, Tl: 74 ppm.

Literatur: STRUCL (1984).

7.2.3. Nordtiroler Kalkalpen

Unter der Vielzahl der karbonatgebundenen Pb-Zn-Vorkommen, die im Raum von Kufstein bis zum Arlberg in z.T. hochalpiner Lage vorhanden sind, wurden folgende Vorkommen, bzw. Lagerstätten beprobt:

- Lafatsch
- Nassereith (Revier Feigenstein)
- St. Veith im Tegestal (Heiterwand)

Die Auswahl der drei Vorkommen erfolgte entsprechend des guten lagerstättenkundlichen Kenntnisstandes (Lafatsch, St. Veith), bzw. der zinkbetonten Halden im Revier Feigenstein.

Bergbau Lafatsch

Lage: 12 km südlich von Scharnitz im Hinterautal; Reips.

Stratigraphie: Hangender Wettersteinkalk.

Erztypus: Schichtige z.T. wannenförmige Erzkörper, Mächtigkeit 3 bis max. 5 m.

Metallgehalt: Bei selektiver Bauweise: 8 % Zn, 1,5 % Pb.

Vorräte: 600.000 t, bergbaulich erschlossen; Teufenerstreckung mit kurzen Bohrungen exploriert (Kat. C1, C2). Geolog. Potential liegt bei 3–4 Mio. t.

Explorationswürdigkeit: Die südliche Fortsetzung der Lagerstätte ist durch einen tiefgreifenden Muldenbau gekennzeichnet. Es ist zu erwarten, daß die Lagerstätte sich gegen die Mulde hin fortsetzt. In Analogie zur Bleiberger

Lagerstätte sollte geprüft werden, ob in Lafatsch eine Lagunen-Schwellen-Morphologie vorliegt. Diese Exploration kann jedoch nur durch tiefe Bohrungen von obertage aus (800–1000 m) durchgeführt werden. Geophysikalische Vorerkundung (Gravimetrie etc.) zweckmäßig. Die bergmännische Erschließung wäre nur vom Inntal aus möglich (5 km Unterfahrungsstollen).

Spezialmetalle: Mittel aus 28 Einzelproben aus dem Anstehenden (BBU-Forschungsprojekte) Ge: 150 ppm, Ga: 15 ppm, Cd: 2.300 ppm, Tl: 45 ppm.

Andere (N = 34) verschiedener Probenehmer und Analysen: Analytik: Ge: 150 ppm, Ga: 10 ppm, Cd: 2800 ppm, Tl: 60 ppm.

Literatur: SCHULZ (1981); CERNY (1989).

Bergbau Nassereith

Lage: ca. 3 km östlich von Nassereith in den Abhängen des Feigenstein.

Stratigraphie: Hangender Wettersteinkalk.

Erztypus: ZnS-(CaF₂-)betonte Lagervererzungen laut Haldenbefund.

Vorräte: Lagerstätte ist weitgehend ausgeerzt; Haldenvorräte von maximal 70.000 t; Derberze noch am Haldenkopf vorhanden.

Explorationswürdigkeit: Keine.

Probenahme: Halde, Derberze.

Spezialmetalle: Uninteressant. Ge: 44 ppm, Ga: 3,6 ppm, Cd: 2.379 ppm, Tl: 57 ppm.

Literatur: WETZENSTEIN (1972);

SIDEROPOULOS (1983).

St. Veith im Tegestal

Lage: ca. 8 km westlich von Nassereith, am Fuße der Heiterwand; östliche Lechtaler Alpen.

Stratigraphie: Alpiner Muschelkalk, anisische Stufe, Grenze der Lechtaldecke – Inntaldecke.

Erztypus: Horizontbeständige „Spatzonen“ (Dolomit) mit linsige ZnS-Derberzen, ZnS-Rhythmiten und Sprenkelerzen; untergeordnet Bleiglanz und submikroskopische Fahlerzeinschlüsse.

Vorräte: 15.000 t bergbauliche Vorräte in der Grube; ca. 10.000 t Haldenvorräte.

Geologische Vorräte: Unbekannt, Größenordnung 100.000 t.

Explorationswürdigkeit: Keine.

Probenahme: Sammelprobe aus den Anstehenden (Tagbau bei Veith-Stollen) und Bismarkstollenhalde.

Spezialmetalle: Ge: 135 ppm, Ga: 59 ppm, Cd: 2.475 ppm, Tl: 13 ppm.

Literatur: WETZENSTEIN (1972).

Andere Analysen: Mittelwerte für 12 Vorkommen, ausgenommen Lafatsch (N = 49): Ge: 97,5 ppm, Ga: 30 ppm, Cd: 3000 ppm, Tl: 30 ppm.

7.3. Erze aus dem Paläozoikum und Altkristallin

Im Rahmen der Bemusterung von Erzvorkommen in paläozoischen Gesteinseinheiten war folgende Gliederung aus aufbereitungstechnischen Gründen zweckmäßig:

- Zink-(blei-)betonte schicht- und strukturgebundene Vererzungen
- Eisen-kupferbetonte Vererzungen

Die Zinkkonzentrate der paläozoischen Erze sind durch geringe Gehalte an Spezialmetallen gekennzeichnet. Dies betrifft vor allem die Erzführungen im Grazer Paläozoikum, Oberzeiring, die bleibetonten Erze in Meiselding, Tösens bei Landeck, Kirchbachgraben im Gailtal, Koproin östlich von Eisenkappel und Politzberg in der Kreuzeckgruppe. Ausnahmen bilden lediglich die Gangvererzung Metnitz mit erhöhten Ga- und Ge-Gehalten und die polysulfidischen Erze von Nöckelberg in der Grauwackenzone mit hohen Ge-Gehalten, gebunden an seltene Kupferparagenesen.

Bergbau Meiselding

Lage:	S-Rand der Gurktaler Alpen, 7 km westlich von Treibach-Althofen.
Stratigraphie:	Altpaläozoikum, karbonatische Schiefer, überlagert durch Grungesteine.
Erztypus:	Lagervererzung ins Liegende in Gangzone überleitend. „Stockförmige, pilzförmige Geometrie“. Bleibetont, Zinkblende und Kupferkies akzessorisch.
Geologische Vorräte:	50.000 t – 100.000 t im Bereich des Grubengebäudes Metallgehalt (nach HOLZER, 1938) Pb: 8–10 %.
Explorationswürdigkeit:	Geochemische und geophysikalische Indikationen zeigen die W-Fortsetzung der Vererzung an.
Probenahme:	Sammelprobe aus hältigen Haldenresten, ca. 50 kg. Das Probenmaterial reicht jedoch nicht aus, ein Zinkblendekonzentrat herzustellen.
Spezialmetalle:	In: 50 ppm, Tl: 25 ppm, Se: 67 ppm. Indium ist generell an Zinkblenden gebunden. Das Pb-Cu-Zn-Konzentrat mit nur 3,7 % Zn weist 50 ppm In auf. Falls zinkbetonte Vererzungen im Umkreis des alten Bergbaues vorhanden sein sollten, ergäbe sich ein ansehnliches Indium-Potential.
Literatur:	CANAVAL (1898); MISSAGHI (1959).

Pb-Zn(Ba)-Vorkommen Metnitz, Vellachgraben

Lage:	1,5 km SW Metnitz, S.H. 1.000 m.
Geologie:	Nach der Literatur sind drei parallele Gänge bekannt, die vorwiegend in Kalkmarmoren im Kontakt zu Graphitschiefern, Kieselschiefern bzw. Phylliten auftreten. Die Vererzungen sind gangförmig mit einem mittelsteilen Einfallen nach SW. Die Erzführung ist zinkbetont, untergeordnet tritt silberreicher Bleiglanz und gelegentlich Kupferkies auf. Gangart ist Schwerspat und Calcit. Die durchschnittliche Gangmächtigkeit wird mit 1 m (0,4–4 m) angegeben.
Bergbauliche Vorräte:	rd. 30.000 t.

Geologische Vorräte: Die erzführende Struktur ist auf rd. 400 m im Streichen durch alte Grubenbaue erschlossen. Unter Annahme, daß die Gänge bis auf Höhe der Talsohle des Metnitztales (ca. S.H. 820 m) niedersetzen, ergäbe sich ein Potential von 300.000 t mit 20 % ZnS und 8 % PbS (Lt. Befahrungsbericht der BGH Klagenfurt, um 1950) bei 600 m streichender Ganglänge 150 m Bauhöhe. Als Schlichmengen werden 59.400 t Zinsschlich und 700 t Bleischlich genannt.

Lagerstättenuntersuchung: Eine 1980 von der MU Leoben (Forschungsschwerpunkt Gurktaler Alpen) durchgeführte, rasterförmige Bodenprobenahme zeigt Anomalien (Zn, Pb, Ba) außerhalb des Gangstreichens. Voraussetzung für eine Explorationstätigkeit ist eine geologische Detailkartierung in Kombination mit geophysikalischen Methoden (Kartierungshilfe).

Probenahme: Beprobt wurde die reich erzhaltige Halde des Unterbaustollens unweit des Gehöftes Kogler.

Spezialmetalle: Ge: 370 ppm, Ga: 200 ppm.

Literatur: CANAVAL (1899); FRIEDRICH (1955).

Zn-Pb-Cu-Vorkommen Koproin

Lage:	Leppengraben, östlich Eisenkappel, südlich Gasthaus Rastotschnig, S.H. 1.240 m.
Stratigraphie:	Paläozoikum der Karawanken; Diabase.
Erztypus:	Gangförmiges Vorkommen in Diabasen; steilstehend, Mächtigkeit vermutlich 1,5–2 m (3 Gangscharen).
Geologische Vorräte:	Unbekannt; Reste eines Schurfbergbaues (Freifahrung 1877), 2 kurze Stollen (ca. 30 m im Abstand von 10 m, verbunden mit einem Gesenk); 12 m Querschlag.
Explorationswürdigkeit:	Geophysikalische Vorerkundung und Bohrungsprogramm. Geologie und geochemische Prospektion: (SCHERER, 1983) zeigten Indikationen im Gangstreichen.
Probenahme:	Derberzhalde, ausgewählte ZnS-reiche Stücke.
Spezialmetalle:	In: 88 ppm (Co: 700 ppm).
Andere Analysen:	(N = 1): In: 96, Cd: 3800 ppm (Co: 3000 ppm).
Literatur:	CERNY et al. (1982); SCHERER (1983).

Oberzeiring

Probenahme:	Reicherzhalde mit Zinkblende und Schwerspat aus dem Nordostfeld bei der ehemaligen Aufbereitungsanlage (Oberbaurat Hirn), Zinkblendekonzentrat (448 ppm Silber) ohne erwähnenswerte Spezialmetallgehalte.
Literatur:	HADITSCH (1967).

Grazer Paläozoikum

Die tabellarisch angeführten Daten wurden aus BBU-internen Arbeiten übernommen (Explorationsphase 1978 bis 1985). Zinkblendekonzentrate zeigen keine erwähnenswerten Spezialmetallgehalte.

Literatur: WEBER (1990).

Tösens

Lage:	Oberinntal, südlich Landeck, zwischen Berglertal und Platzertal, S.H. 2.500 bis 2.800 m (z.T. Gletscherregion).
Erztypus:	Präalpidisch metamorphe, schichtgebundene Pb-Zn-(Ag-Cu-)Vererzung, linsig absätzig; Mächtigkeit: 0,2–1,5 m Magnetkies, Zinkblende, Bleiglanz, Kupferkies und Arsenkies.
Geologische Vorräte:	Unbekannt, Annahme aufgrund Analogien etwa 0,1–0,2 Mio. t; Metallgehalt: 1–2 % Zn, 0,5–1 % Pb.
Explorationswürdigkeit:	Keine; exponierte Lage und zu erwartende geringe Vorratsmengen.
Probenahme:	Sammelprobe aus Derberzklaubhalden.
Spezialmetalle:	Keine erwähnenswerten Gehalte.
Literatur:	MATHIAS (1961); VAVTAR (1988).

Politzberg

Lage:	Lamnitztal, nördliche Kreuzeckgruppe, S.H. 2.000–2.230 m.
Stratigraphie:	Metamorphes Altpaläozoikum der Kreuzeckgruppe; Granat-Muskowitschiefer mit Amphibolitlagen.
Erztypus:	Präalpidische metamorphosierte Sulfidvererzung, linsig absätzig; Mächtigkeit: 0,2–1,5 m Magnetkies, Zinkblende, Bleiglanz, Kupferkies und Arsenkies.
Geologische Vorräte:	Unbekannt, Annahme aufgrund Analogien 0,1–0,2 Mio. t; Metallgehalt (nach WALLNER (1981) 1–2 % Zn, 0,5–1 % Pb.
Explorationswürdigkeit:	Keine; exponierte Lage und zu erwartende geringe Vorratsmengen.
Probenahme:	Sammelprobe aus Derberzklaubhalden.
Spezialmetalle:	Keine erwähnenswerten Gehalte. Typisch für die Kieslager in der Kreuzeckgruppe sind Indiumgehalte, die ausschließlich an Zinkblenden gebunden sind (600–1.000 ppm). Aufgrund der niederen Gehalte an Wertmetallen, wie Zn, Cu, Pb, Ag oder Au ist auch kein Indiumpotential zu erwarten.
Literatur:	FRIEDRICH (1963); WALLNER (1981).

7.4. Fahlerze

Unter der Vielzahl von Fahlerzvorkommen im alpinen Raum wurden fünf an paläozoische Gesteinseinheiten gebundene Vorkommen ausgewählt. Die beprobten Fahlerze sind komplexer Natur und weisen sehr unterschiedliche Zusammensetzung auf (Sb, Cu, Pb, As). Das dominante Spurenelement ist Silber. Mit Ausnahme der Fahlerzprobe Nöckelberg (siehe Kap. Mischerze) mit hohem Germaniumgehalt zeigen die beprobten Fahlerze keinerlei Anreicherung an Spezialmetallen.

Bergbau Falkenstein (Schwarz, Tirol)

Schichtgebundene Fahlerzvererzungen im devonischen Schwazer Dolomit. Der Falkenstein war das wichtigste und reichste Bergbaurevier Tirols.

Probenahme:	Pickprobe (ca. 50 kg) aus anstehenden Erzen im Explorationsstollen. Erzprobe aus Schwazer Dolomit mit 8,9 % Cu, 1,4 % Sb, 1,3 % Zn.
Literatur:	SCHMIDEGG (1951); LUKAS (1971).

Abfaltersbach (Osttirol)

Im Glimmerschiefergebiet des oberen Auenbachtals sind Bergbauhalden vorhanden, die auf den Abbau einer komplexen Vererzung mit einer Reihe von Erzkörpern mit Kupferkies-Fahlerz, Pyrit-Magnetkies, Bleiglanz-Zinkblende und vor allem auch Antimonit zurückzuführen sind.

Probenahme:	Reicherz-Klaubhalde. Probe F 2a: Fahlerz mit Siderit als Gangart. Probe F 2b: Fahlerz mit Eisenkiesvorrat.
Literatur:	TORNQUIST (1934).

Nöckelberg

Lage:	Schwarzleotal, Revier Nöckelberg bei Leogang-Hütten Salzburg.
Stratigraphie:	Karbonatgesteine der Grauwackenzone (Obersilur-Unterdevon).
Erztypus:	Weitgehend unbekannt, struktur- und faziesgebunden auf ca. 1 km streichende Erstreckung; nestförmig, aderförmig, polysulfidische Vererzung, Cu (Ni, Co, Pb, Ag, Hg).
Geologische Vorräte:	Unbekannt, Haldenerze ca. 2.000 t.
Explorationswürdigkeit:	Lagerstätte scheint entsprechend der großen Zahl von Schurfbauen sehr absätzig zu sein.
Probenahme:	Selektive Probenahme (gemeinsam mit Univ. Prof. Dr. W. PAAR, Univ. Salzburg) auf der Ottentaler Halde: M8/I: Limonitprobe mit sulfidischen Anteilen. M8/II: Sulfidierprobe. M9: Konzentrat aus Probe M8/I + II.
Spezialmetalle:	Die extrem hohen Germaniumgehalte um 0,1 % sind nach PAAR (1986) an Renierit gebunden. Renierit ist mit Bornit verwachsen. Auffallend ist der Ge-Gehalt in limonitischen Erzen.
Literatur:	PAAR et al. (1986).

Nöckelberg (Schwarzleotal, Leogang-Hütten)

Probenahme:	Selektive Probenahme (Fahlerz mit Kupferkies) auf der Ottentaler Halde. Ge-Gehalt von 700 ppm dürfte an Renierit gebunden sein (siehe Kapitel Mischerze).
-------------	---

Leogang-Hütten (Fahlerzbergbau Schwarzleo)

Probenahme:	F/6: Sammelprobe Mundloch Danielstollen Niveau Maria Heimsuchung. F/7: Sammelprobe „Hauptbrekzienhorizont“ auf Niveau Maria Heimsuchung, Abstieg zum Barbarastollen, Abstieg zum Gipsschacht.
-------------	--

Oberzeiring

Probenahme:	Kluftvererzung in Brettsteinmarmor des Franzisci-Stollens (siehe auch Kap. 7.3.).
-------------	---

7.5. Antimonite

Da während des Projektverlaufes im Sb-Berbau Schlaining mit der Auserzung begonnen wurde, konnte die Probenahme unterlassen werden. Beprobte wurden lediglich die nahezu unverritzten Antimonitvorkommen Radlberg-

alm und Lessing in der östlichen Kreuzeckgruppe, Kärnten. Wie die Analytik zeigt, weisen die Antimoniterze keinerlei Anreicherung an Spezialmetallen auf.

Radlbergalm (Seehöhe 1700 m)

An graphitführende Granatglimmerschiefer gebundene Antimonitvererzung.

Probenahme: Pickprobe aus Derberaufschluß, Lagergang im Granitglimmerschiefer.

Lessnig

Ein bis mehrere Meter mächtige grafitische Schichtfolge im Glimmerschiefer mit Antimonitvererzung, auch Kluft-erze. Schurfbergbau, ca. 100 Höhenmeter über dem Drautal bei Kleblach.

Probenahme: Selektive Erzbeprobung auf Halden.

Literatur: HIESSLEITNER (1949); FRIEDRICH (1963).

7.6. Schwefelkiese (Kies-Konzentrate)

Unter der Vielzahl von Kiesvorkommen im alpinen Raum wurde nach lagerstättenkundlichen Kriterien eine Auswahl getroffen und insgesamt 8 Kiesvorkommen in die Probenahme einbezogen. Alle Vorkommen sind an paläozoische Gesteinseinheiten gebunden.

Wie die Analytik zeigt, sind die Kiese arm bzw. frei von Spezialmetallen. Ausnahmen bilden die Kieserze von Panzendorf und Außervillgraten (Osttirol), mit erhöhten Indiumgehalten. Die In-Gehalte dürften an die Zinkblenden im Kieskonzentrat gebunden sein.

Kirchbachgraben

60 m mächtiger Metatuffit im Gailtalkristallin, mit Kiesen imprägniert. Im Liegenden der Abfolge ist eine schichtgebundene ZnS-PbS-Mineralisation angetroffen worden (Probe P8).

Probenahme: Sammelprobe über das 60 m Profil verteilt.

Literatur: CERNY et al. (1982).

Naintsch, Steiermark

Probenahme: Pickprobe aus ca. 30 cm mächtigem Kieslager. Bemerkenswert ist der hohe Reinheitsgrad der Kiese.

Literatur: Siehe bei WEBER (1990).

Panzendorf (Villgratental; Osttirol)

Schichtgebundenes Kieslager in Thurntaler Quarzphylliten und Prasiniten.

Erzvorräte: 130.000 t Kieserz, Cu: 0,8 %, Zn: 0,5–1 % nach HOLLER (1947).

Literatur: TORNQUIST (1935).

Tessenberg (Osttirol)

Schichtgebundenes Kieslager nördlich Abfaltersbach in 1900 m SH im Thurntaler Quarzphyllit.

Erzvorräte: Rd. 400.000 t Kieserz mit 0,5 % Cu, 0,5 % Zn nach HOLLER (1947).

Literatur: TORNQUIST (1935).

Ausservillgraten (Villgratental, Osttirol)

Lagervererzung im Thurntaler Quarzphyllit.

Erzvorräte: 130.000 t Kieserz mit Cu: 0,8 %, Zn: 0,5–1 % nach HOLLER (1947).

Literatur: TORNQUIST (1935).

Erzberg, Eisenerz

Noch im Abbau befindliche Sideritlagerstätte im Devon der Grauwackenzone. Sammelprobe aus dem Tagebau, Kieserz und Spuren von Kupferkies (Probenahme Dr. K. DIEBER).

Literatur: KERN (1927); THALMANN (1979); SCHULZ & VAVTAR (1991).

Jenig-Danz

Jenig liegt nördlich der Ortschaft Danz im Gailtal/Kärnten. Magnetkieslager in graphitführenden Schwarzschiefern.

Vorräte: Unbekannt, Größenordnung 100.000 t. Wertminerale fehlen, sodaß Explorationswürdigkeit nicht gegeben erscheint. Der angegebene Antimongehalt müßte überprüft werden.

Literatur: CERNY, unveröffentlicht.

Pusterwald (Wölzer Tauern, Steiermark)

Disseminiertes Kieslager in quarzitischem Graphit-schiefern; kein Wertmineralgehalt.

Literatur: FRIEDRICH (1955); THURNER (1955).

8. Vorratspotential an Spezialmetallen

Die Vorratspotentiale an Spezialmetallen in Österreich sind in Tab. 15 zusammengefaßt dargestellt. Die Berechnung der ZnS-Konzentratmengen erfolgte aufgrund aufbereitungstechnischer Erfahrungswerte; 57 % Zink im Zinkblendekonzentrat sind handelsübliche Qualität. Bei der Berechnung der Spezialmetallmengen wurden hütten-technische Parameter (Ausbringen etc.) nicht berücksichtigt.

8.1. Zinkerze der Trias

Entsprechend der derzeitigen Vorratssituation an bergbaulich gewinnbaren Erzsubstanzen im Bergbau Bleiberg-Kreuth, errechnet sich folgendes Potential an Spezialmetallen:

Germanium	36 t
Thallium	12 t
Gallium	2 t

In den bestehenden Lagerstätten und Vorkommen der kalkalpinen Trias läßt sich auf Grund geologischer Erzvorräte nachfolgendes Potential an Spezialmetallen abschätzen:

Germanium	40 bis 50 t
Thallium	7 bis 8 t
Gallium	6 bis 8 t

Mit der Schließung des Bergbaues in Bleiberg ist das gesamte Vorratspotential Österreichs als subökonomisch zu beurteilen.

Vorkommen, die auf Grund geologisch lagerstättenkundlicher Überlegungen einer Exploration auf Zn-Pb-Erze und Spezialmetalle bedürfen, sind vor allem Südrand des Hochobir, Jauken, Pirkach bei Oberdrauburg und Lafatsch im Karwendel.

8.2. Pb-Zn-(Cu)-Vorkommen im Paläozoikum

Pb-Zn-(Cu)-Vorkommen im Paläozoikum und Altkristallin sind mit wenigen Ausnahmen arm an Ge, Ga und Tl. Die

Tabelle 15.

Vorratspotential an Spezialmetallen in untersuchten Erzlagerstätten und Vorkommen.

Die Berechnung erfolgte aus gesicherten bergbaulichen Vorräten; Kat. A, B, C1 und geschätzten geologischen Vorräten; Kat. C2.

Bergbau	Vorratsklasse	Mio. t*)	Konzentrat ZnS 57 %	Ge [t]	Ga [t]	Tl [t]	Cd [t]	In [t]
In Produktion gestandene Lagerstätten								
Bleiberg/Kreuth	A, B, C1	2	210.000	35,7	2	2,6	378	—
In Erkundung gestandene Lagerstätten								
Grazer Paläoz.	C2	1,5	158.000	—	3,8	—	332	—
Vorkommen mit möglichen wirtschaftlichen Aussichten („mobiler Kleinbergbau“)								
a) karbonatgebundene Zn-Pb-Vorkommen								
Radnig	C2	0,075	6.580	2,1	0,2	—	10,7	—
Jauken	C2	0,05	5.300	7,8	0,2	0,3	7,0	-
Pirkach	C2	0,4	28.000	11,2	5,4	1,0	105	—
Hochobir	C2	0,3	18.400	16,6	1,2	3,5	70	—
Lafatsch	C2	0,6	84.200	12,6	1,2	3,8	193	—
b) Zinkerze paläozoischer Vorkommen								
Metnitz	C2	0,3	4 2.100	15,6	8,4	—	60	—
Koprein	C2	0,1	14.000	—	—	—	33	1,2
c) Schwefelkiese								
Panzendorf	C2	0,4	33.000 (ZnS 6 %)	—	—	—	—	1,4
Ausservillgraten	C2	0,13	10.800 (ZnS 6 %)	—	—	—	—	1,3

*) Lagerstättenvorrat mit durchschnittlichen Metallgehalten (Pb + Zn)

Zinkblenden dieser Vererzungen weisen jedoch oft Gehalte an dem technologisch interessanten Wertmetall Indium auf. Auf Grund der zur Zeit überblickbaren Kleinheit dieser Erzvorkommen kann als Schätzwert ein Potential von rd. 3–4 t Indium angenommen werden. Untersuchungswert in Hinblick auf Indium wären etwa die Vorkommen Meiselding im Paläozoikum der Gurktaler Alpen und Koprein im Paläozoikum der Karawanken. Für die Elemente Germanium und Gallium erscheint die Untersuchung des Vorkommens Metnitz/Vellach in den Gurktaler Alpen aussichtsreich.

10.3. Vorkommen von Fahlerzen und Kieserzen

Unter den alpinen Fahlerzorkommen fallen lediglich hohe Germaniumkonzentrationen beim Vorkommen Nöckelberg in der Grauwackenzone bei Leogang/Hütten, Salzburg auf. Die zu erwartende geringe Vorratsstonnage und die unregelmäßige Verteilung des Germaniumwertminerals Renierit läßt dieses Vorkommen jedoch nach heutigem Wissensstand eher als uninteressant bewerten. Kieserze sind mit Ausnahme von Zinkblende-führenden Kleinvererzungen, wie z.B. Außervillgraten in Osttirol, für technologisch interessante Spezialmetalle ohne Bedeutung. Dies trifft auch bei leicht erhöhter Selen-Konzentration zu, wozu noch in Betracht zu ziehen ist, daß die Inhalte der Kieserzlagertstätten allesamt als gering anzusetzen sind.

9. Bergwirtschaftliche Aussichten

9.1. Bergbau Bleiberg-Kreuth

Das vorgenannte Potential an Spezialmetallen in heimischen Pb-Zn-Vorkommen konzentriert sich zu rd. 50 % auf die Lagerstätte Bleiberg-Kreuth. Rationalisierungsmaßnahmen der letzten Jahre haben den Abbau zinkrei-

cher Erze auf die vor 10 Jahren aufgefundene Josefischolle am Südrand der Lagerstätte beschränkt. Die in diesem stockförmigen Erzkörper kalkulierten bergbaulichen Vorräte (A, B, C1) erlauben bei einer Jahresförderung von 150.000–180.000 t und Metallgehalten von 7 % Zn und 0,5 % Pb nur eine Erzproduktion von wenigen Jahren.

Ende 1991 wurde der Beschluß gefaßt, den Bergbau in einem geordneten Rückzug auszuerzen. Parallel zu dieser Auserzung wurden in den übrigen Grubenrevieren Schließungsarbeiten durchgeführt. Der Tiefbau im Westen und Osten der Lagerstätte ist bereits geflutet. Der Bergbau wurde mit Ende September 1993 stillgelegt.

Die Lagerstätte Bleiberg-Kreuth muß daher als Potential für Spezialmetalle für die Zukunft ausgeklammert werden. Die absehbare Einstellung der Produktion, die Stilllegung der Aufbereitungsanlage und die bereits erfolgte Schließung der Zinkelektrolyse lassen keine Hoffnung auf eine langfristige Nutzung der Lagerstätte zu.

9.2. Explorations- und Hoffungsgebiete

Die im Hinblick auf erhöhte Spezialmetallgehalte angeführten Pb-Zn-Vorkommen in der alpinen Trias, im Paläozoikum und Altkristallin sind nach dem heutigen Wissensstand über die Geometrie der Erzkörper in ihrer lagerstättenkundlich überblickbaren möglichen Erzsubstanz als Kleinlagerstätten zu bezeichnen. Diese Kleinlagerstätten mit heute abschätzbaren Erzgehalten von 0,1–1,5 Mio. t und vielfach nicht zusammenhängenden Erzkörpern, könnten in der Zukunft den heimischen Bedarf an Zn und Pb nur zu einem Bruchteil abdecken.

Der Betrieb solcher Kleinlagerstätten wäre nur im Sinne eines mobilen Kleinbergbaues möglich. Vorerst müßte eine eingehende wirtschaftsgeologische Bewertung der angeführten Erzvorkommen und nachfolgende Explorationsmaßnahmen vorgenommen werden.

Bei den kalkalpinen Vorkommen im Raum Hochobir, Jauken und Lafatsch bestünde die prinzipielle Möglichkeit für großräumige Erzkörper. Die Schwellenmorphologie, die in Bleiberg die Voraussetzung für massive Erzanreicherungen bildet, wäre auch in den genannten Räumen möglich. Um diese Annahme bestätigen zu können, müßten entsprechende Strukturbohrungen durchgeführt werden.

10. Nachbemerkung zur Geschichte der österreichischen Germaniumproduktion

Spätestens 1950 war bekannt, daß in den Erzen des Lagerstättendreiecks Bleiberg – Raibl (Cave di Predil) – Mezica (Mieß) Germanium in wirtschaftlich interessanten Konzentrationen vorhanden ist. Bereits 1952 wurde für die Lagerstätte Bleiberg-Kreuth ein mittlerer Gehalt an Germanium von 200 ppm vorausgesagt. Dieser Wert wurde aus etwa zwei Dutzend Proben von Zinkblendekonzentraten erhalten, die als Hauwerksproben im damaligen Grubenbereich zur Erfassung der Cadmiumverteilung gezogen worden sind.

Zu dieser Zeit wurde die Zinkhütte Gailitz bei Arnoldstein mit einer Jahreskapazität von 20.000 t Zinkmetall eingerichtet. Seit 1980 wurde aus dem bei der Elektrolyse anfallenden Eisenhydroxidschlamm ein zwanzigprozentiges Vorkonzentrat als verkaufsfähiges Produkt hergestellt. Durch mehr als 10 Jahre betrug der Anteil Österreichs an der Weltproduktion 5 % (5 t von rd. 250 t) – dies entsprach der bemerkenswerten sechsten Stelle in der Bergwerksproduktion. Insgesamt wurden in 34 Jahren 174 t Germanium einschließlich eines Anteils aus der Bergbauproduktion von Raibl in der Hütte vermarktet.

Während dieses Zeitraumes war der Erlös für das Germanium weltmarktsmäßigen Schwankungen unterworfen und erreichte 1982 sogar einen Spitzenwert von 11.000 öS/kg. Der Mittelwert ist mit etwa 4.000 öS anzusetzen, sodaß der Gesamterlös überschlagsmäßig immerhin rund 400 Millionen öS erreicht hat. Mit der Produktion und dem Verkauf von hochreinem Germanium hätte man allerdings wesentlich höhere Erlöse erzielen können. Der Weltvorrat an germaniumführenden Zinkerzen erscheint begrenzt. Gemäß des Bureau of Mines Bulletin, **675**, Facts and Problems 1985, sind keine vollständigen Angaben über die Weltreserve vorhanden; in USA, Canada und Europa 2.150 t Ge, einschließlich marginaler und subökonomischer Reserven 2.500 t. Der Weltbedarf hat sich zur Zeit auf etwa 80 t pro Jahr eingependelt.

Rohstoffmäßig ist nur die Anreicherung in Kohlen und deren Verbrennungsprodukten von Interesse. Die Weltvorräte wurden mit 8000 t angegeben. Allerdings wurde bisher nur zeitweise in Großbritannien aus Flugasche Germanium gewonnen. Von einer Gewinnung aus germaniumreichen Kohlen wird nur aus Rußland berichtet.

Das Versäumnis besteht wohl darin, daß man nicht realisiert hatte, daß in dem Lagerstättendreieck Bleiberg – Raibl – Mezica ein Germaniumvorrat von gut 500 t vorhanden ist und man nicht von Anfang an das Risiko eingegangen war, für die Erzeugung von Germaniumdioxid und/oder -metall Investitionen vorzunehmen. Selbst bei Wegfall der Rohstoffbasis hätte sich das Know-how der Chemie des Germaniums zusammen mit anderen seltenen Elementen gerechnet.

Letztlich sind es wohl auch Folgen des Ersten Weltkrieges, die zu Gebietsabtretungen und zur Zerschlagung des

Besitzstandes der Bleiberg Bergwerks-Union geführt haben. Die Nachkriegsjahre haben bei ungenügendem Kapital und fehlender Weitsicht die Forschungs- und Entwicklungsfreudigkeit nicht gerade begünstigt.

Dank

Diese Veröffentlichung basiert auf dem Bericht zum Forschungsprojekt ULG 13: „Erfassung der heimischen Vorräte an hochtechnologisch interessanten Spezialmetallen, vor allem Ga, In, Tl, Ge, Se, Te und Cd in Erzen“, das in den Jahren 1987 bis 1991 im Auftrage der Geologischen Bundesanstalt im Vollzug des Lagerstättengesetzes, initiiert und finanziert vom Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten, durchgeführt worden ist.

Unser Dank gilt allen, die diese Arbeit durch ihr Interesse gefördert haben, im besonderen Herrn Sektionschef i.R Dr. Dipl.-Ing. STERK. Gedankt wird auch den Mitarbeitern der Bleiberg Bergwerksunion, die Probenahme und Aufbereitung durchgeführt haben, sowie der Abteilung für Analytische Geochemie der Bundesversuchs- und Forschungsanstalt Arsenal in Wien, Frau Dr. I. JANDA (†) sowie den Herrn Dipl.-Ing. N. MÜLLER, Dr. P. DOLEZEL und Dr. M. SAGER, die für die analytischen Arbeiten verantwortlich zeichnen.

Literatur

- AUGUSTIN-GYURITS, K. & SCHROLL, E.: Beitrag zur geochemischen Charakterisierung österreichischer Kohlen. – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österreichs, **38**, 195–211, 4 Abb., 8 Tab., Wien 1992.
- AZER, I.N.: Beitrag zur Kenntnis ostalpiner Fahlerze, Teile I und II. – Tschermaks miner.-petrogr. Mitt., **6**, 238–245 und 286–297, 8 Abb., 9 Tab., Wien 1957.
- BEMMELEN, R.W. van: Beitrag zur Geologie der Gailtaler Alpen (Kärnten, Österreich). – Jb. Geol. Bundesanstalt, **100/2**, 179–212, Wien 1985.
- BRANDENSTEIN, M. & SCHROLL, E.: Borgehalte in Magnesiten. – Radex-Rdsch., **3**, 150–158, 5 Tab., Radenthein 1960.
- BRANDENSTEIN, M., JANDA, I. & SCHROLL, E.: Seltene Elemente in österreichischen Kohlen- und Bitumengesteinen. – Tschermaks miner.-petrogr. Mitt., **7/3**, 260–285, 3 Tab., Wien (Springer) 1960.
- CANAVAL, R.: Das Erzvorkommen von Meiselding. – Carinthia, 104–105, Klagenfurt 1899.
- CANAVAL, R.: Die Blende und Bleiglanz führenden Gänge bei Metnitz und Zweinitz in Kärnten. – Carinthia II, **5**, 1–15, Klagenfurt 1899.
- CERNY, I.: Die karbonatgebundenen Blei-Zink-Lagerstätten des alpinen und außeralpinen Mesozoikums. Die Bedeutung ihrer Geologie, Stratigraphie und Faziesgebundenheit für Prospektion und Bewertung. – Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., **11**, 5–125, Wien 1989.
- CERNY, I. & HAGENMEISTER, A.: Fluoritmineralisationen in mitteltriadischen Karbonatgesteinen am Jauken (Kärnten/Österreich). – Carinthia II, **176/90**, 407–417, 4 Abb., Klagenfurt 1986.
- CERNY, I. & PHILLIPS, R.: Neue Kiesvererzungen im östlichen Gailtalkristallin. – Anz. öst. Akad. Wiss. math.-naturwiss. Klasse, 25–27, Wien 1982.
- CERNY, SCHERER, J. & SCHROLL, E.: Blei-Zink-Verteilungsmodell in stillliegenden Blei-Zink-Revieren der Karawanken. – Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., **2**, 15–22, 5 Abb., 2 Tab., Wien 1982.
- DE JONG, W.K., SCHÄFER, H.P. & MEDUNA, U.: Semiquantitative Verfahren für XRF-Analyse. – Laborpraxis, H. **10**, 1989.
- DOLEZEL, P. & SCHROLL, E.: Beitrag zur Geochemie der Siderite in den Ostalpen. – Proceed. 3rd ISMIDA, Leoben 1977, 119–125 und Verh. Geol. B.-A., **1978**, H.3, 293–299, 3 Abb., 2 Tab., Wien 1979.

- FRIEDRICH, O.M.: Zur Erzlagerstättenkarte der Ostalpen. – Radex-Rundschau, **7/8**, 371–407, 1 Beil., Radenthein 1953.
- FRIEDRICH, O.M.: Alte Zinkblende-Bleiglanzbaue Vellach bei Metnitz. – Bericht BBU-Archiv, 9 S., 1955.
- FRIEDRICH, O.M.: Monographie der Lagerstätten in der Kreuzeckgruppe. – Arch. f. Lagerst.forsch. in den Ostalpen, Bd. 1, 218 S., 71 Abb., 4 Taf., Leoben 1963.
- FRIEDRICH, O.M.: Radnig, eine sedimentäre Blei-Zink-Lagerstätte in den südlichen Kalkalpen. – Arch. f. Lagerst.forsch. in den Ostalpen, **2**, 121–164, 32 Abb., Leoben 1964.
- FRUTH, I.: Spurengehalte der Zinkblenden verschiedener Pb-Zn-Vorkommen in den nördlichen Kalkalpen. – Chemie d. Erde, **25/2**, 105–125, Jena 1966.
- HAGEMEISTER, A.: Zyklische Sedimentation auf einer stabilen Karbonatplattform: Die Raibler Schichten (Karn) des Drauzuges (Österreich). – Unveröff. Dissertation Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br., 185 S., 39 Abb., 12 Taf., Freiburg 1986.
- HEGEMANN, F.: Über extrusiv-sedimentäre Erzlagerstätten der Ostalpen. II. Teil: Blei-Zinklagerstätten. – Erzmetall, **13**, 122–127, Stuttgart 1960.
- HIESLEITNER, G. & CLAR, E.: Gutachten Bergbau Tösens (Tirol). – BBU Archiv, 1950.
- HOLLER, H.: Bericht über den Blei- und Silberbergbau Meiselding bei Treibach in Kärnten. – BBU-Archiv, 12 S., 1947.
- HOLLER, H.: Unveröff. Bericht über die montangeologische Untersuchung des Schwefelkiesbergbaues Tessenberg (Osttirol). – BBU-Archiv, 65 S., 1947.
- JANDA, I. & SCHROLL, E.: Geochemische Untersuchungen an Graphitgesteinen. – Geochem. Cycles, Internat. Geol. Congress, XXI Session, 1, 40–53, 4 Abb., 4 Tab., Copenhagen 1960.
- KAHLILI, H.: Zur Geochemie einiger Pegmatite der Ostalpen. – Tschermarks Miner.-Petrogr. Mitt., **18**, 79–104, Wien (Springer) 1972.
- KERN, A.: Zur geologischen Neuaufnahme des steirischen Erzbergs 1925–1920. – Berg. u. hüttenmänn. Jb., **75**, 23–29, 49–55, 7 Abb., Wien (Springer) 1927.
- LUKAS, W.: Tektonisch-genetische Untersuchungen der Fahlerz-Lagerstätte am Falkenstein bei Schwaz/Tirol. – N. Jb. Geol. Paläont. Mh, **1971**, 47–63, 1 Abb., 5 Diagr., Stuttgart 1971.
- MATTHIAS, E.: Die metallogenetische Stellung der Erzlagerstätten im Bereich Engadin und Airlberg. – Berg u. hüttenmänn. Mh, **106**, 1–13, 45–55, 16 Abb., 2 Taf., Wien (Springer) 1961.
- MISSAGHI, F.: Die Silber- und Bleiglanz-Lagerstätte von Meiselding in Kärnten. – Unveröffentl. Diss. Montanuniv. Leoben, Bibliotheksnr. 8861, Leoben 1959.
- N.N.: Minerals Yearbook, Vol I, Metals and Minerals 1989, 1–1186, US-Department of the Interior, Bureau of Mines, Washington 1991.
- PAAR, W.H. & CHEN, T.T.: Zur Mineralogie von Cu-Ni(Co)-Pb-Ag-Hg-Erzen im Revier Schwarzleo bei Leogang, Salzburg, Österreich. – Mitt. österr. geol. Ges., **78**, 125–148, 14 Abb., 3 Tab., Wien 1986.
- RASMY-SCHEHATA, M. & SCHROLL, E.: Indium und Gallium in Zinkblenden der Blei-Zink-Lagerstätte Bleiberg-Kreuth. – Anz. Österr. Akad. Wiss., **10**, 153–156, 1 Tab., Wien 1974.
- REINOLD, P.: Beitrag zur Geochemie der ostalpinen Salzlagerstätten. – Tschermarks Miner.-Petrogr. Mitt., **10**, 1–4, 505–527, 10 Abb., Wien 1965.
- ROCKENBAUER, W.: Zur Geochemie des Selen in ostalpinen Erzen. – Tschermarks Miner.-Petrogr. Mitt., **7**, 150–185, 1 Abb., 21 Tab., Wien (Springer) 1960.
- ROCKENBAUER, W. & SCHROLL, E.: Das Vorkommen von Selen in österreichischen Erzen. – Montan-Rdsch., **1960/3**, 48–52, 2 Abb., 2 Tab., Wien 1960.
- SCHROLL, E.: Spurenelementparagenese (Mikroparagenese) ostalpiner Bleiglanze. – Anz. Österr. Akad. Wiss., math. naturw. Kl., 6–12, 1 Tab., Wien 1951.
- SCHROLL, E.: Über Unterschiede im Spurengehalt bei Wurtziten, Schalenblenden und Zinkblenden. – Sitzungsber. Österr. Akad. Wiss., math. naturw. Kl., Abt. I, **162**, 305–332 Abb., 4 Tab., Wien 1953.
- SCHROLL, E.: Über Minerale und Spurenelemente, Vererzung und Entstehung der Blei-Zink-Lagerstätte Bleiberg-Kreuth (Kärnten, Österreich). – Mitt. Österr. Mineralog. Ges., Sonderheft Nr. **2**, 60 S., 24 Abb., 17 Tab., 1 Fig., Wien 1953.
- SCHROLL, E.: Über das Vorkommen einiger Spurenmetalle in Blei-Zink-Erzen der ostalpinen Metallprovinz. – Tschermarks Miner.-Petrogr. Mitt., **5**, 183–208, 10 Abb., Wien 1955.
- SCHROLL, E.: Ein Beitrag zur geochemischen Analyse ostalpiner Blei-Zink-Erze. – Mitt. Österr. Min. Ges., Sonderheft **3**, 85 S., 31 Tab., Wien 1954.
- SCHROLL, E.: Germanium in mineralischen Rohstoffen Österreichs. – Montan Rdsch., **2**, 23–26, 3 Tab., Wien (Montan-Verlag) 1959.
- SCHROLL, E. & AZER, I.N.: Ein Beitrag zur Kenntnis ostalpiner Fahlerze. – Tschermarks Miner.-Petrogr. Mitt., **7**, 70–105, 18 Tab., Wien 1959.
- SCHROLL, E. & ROCKENBAUER, W.: Das Vorkommen von Selen in österreichischen Erzen. – Montan Rdsch., **3**, 48–52, 2 Abb., 2 Tab., Wien 1960.
- SCHROLL, E. & SAUER, D.: Ein Beitrag zur Geochemie der Bauxite. – Symposium sur les bauxites, oxydes et hydroxydes d'aluminium. Teil 1, 201–225, Zagreb 1964.
- SCHROLL, E.: Spurenelemente in heimischen Rohstoffen für Hochtechnologien. – Berg- u. hüttenm. Mh., **131/4**, 110–115, 2 Tab., Wien 1986.
- SCHROLL, E., KÜRZL, H. & WEINZIRL, O.: Geochemometrie (multivariate Charakterisierung und Klassifizierung) von sedimentgebundenen Pb-Zn-Vererzungen auf der Basis geochemisch-geologischer Daten. – Unveröff. Ber. FWF-Projekt 6798-GEO, 6 Bände (Text- und Auswertband, 4 Dokumentationsbände), Wien 1991.
- SCHROLL, E., KÜRZL, H. & WEINZIRL, O.: Geochemometrical study applied to the Pb-Zn-deposit Bleiberg, Austria. – In: FONTBOTÉ, L. & BONI, M. (eds.): Sediment hosted Pb-Zn-ores. – 228–245, 10 Abb., 4 Tab., Heidelberg (Springer) 1994.
- SCHMIDEGG, O.: Die Erzlagerstätten des Schwazer Bergbaugesbietes, besonders des Falkensteins. – Schlern-Schr., **85**, 36–58, 2 Abb., Innsbruck 1951.
- SCHERER, J.: Montangeologische Untersuchungen im Paläozoikum und der Koschuta-Trias der Ostkarawanken (Kärnten). – Unveröff. Diss. Montanuniversität Leoben, 318 S., 123 Abb., Leoben, 1983.
- SCHULZ, O.: Die Pb-Zn-Erz-Lagerstätte Lafatsch-Vomperloch (Karwendelgebirge, Tirol). – Veröff. Mus. Ferdinandeum, **61**, 55–103, 24 Abb., Innsbruck 1981.
- SCHULZ, O. & VAVTAR, F.: Anlagerungs- und Korngefüge als Merkmale für sedimentär-metamorphe Genese der Siderit-Lagerstätte Steirischer Erzberg. – Arch. f. Lagerstätt.forsch. Geol. B.-A., **13**, 215–232, 15 Abb., 15 Diagr., Wien 1991.
- SIDEROPOULOS, L.: Zn-Pb-Vererzungen in Breccienhorizonten triadischer Karbonatgesteine der Nordtiroler Kalkalpen (zwischen Telfs, Biberwier, Nassereith und Imst). – Veröff. Mus. Ferdinandeum, **63**, 115–133, Innsbruck 1983.
- STRUCL, I.: Geological and geochemical characteristics of ore and host rock of lead-zinc ores of the Mezica ore deposit. – Geologija, **27**, 215–327, 19 Abb., 19 Tab., 12 Taf., Ljubljana 1984 (Slovenisch mit englischer Zusammenfassung).
- SUSSMANN, O.: Zur Kenntnis einiger Blei- und Zinkvorkommen der alpinen Trias bei Dellach im Oberdrautal. – Jb. k.k. geol. R.-A., **51/2**, 265–299, 5 Abb., Wien 1901.
- TAYLOR, S.R.: Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table. – Geochem. Cosmochim. Acta, **28**, 1273–1285, London 1971.
- THALMANN, F.: Zur Eisenspatvererzung in der nördlichen Grauwackenzone am Beispiel des Erzberges bei Eisenerz und Radmer/Bucheck. – Proceed. 3rd ISMIDA Leoben 1977, 305–315, sind Verh. Geol. B.-A., **1978**, 1979, 479–489, Wien 1978, 1979.
- TURNER, A.: Die Geologie des Erzfeldes westlich Pusterwald ob Judenburg. – Jb. Geol. B.-A., **98**, 203–251, Taf. 13–14, Wien 1955.

- TORNQUIST, A.: Die hochmetamorphe Kieslagerstätte von Tessenberg-Panzendorf südlich Abfaltersbach in Osttirol. – Sitz.-ber. Akad. Wiss. Wien, math. naturw. Kl. I, **144**, 19–32, 19 Taf., Wien 1935.
- TORNQUIST, A.: Eine perimagmatische Antimon-Silber-Erzlagerstätte südlich Abfaltersbach in Osttirol. – Z. dt. Geol. Ges., **85** (1933), 53–77, 1 Abb. 2 Tab., 8 Taf., Berlin 1934.
- TUFAR, W.: Die Erzlagerstätten des Wechselgebietes. – Joanneum. Miner. Mitt., **1**, 1–60, Graz 1963.
- TUFAR, W.: Geochemische mineralogisch-petrographische Untersuchungen an österreichischen Baryten. – Tschermarks Miner.-Petrogr. Mitt., **9**, 242–251, 1 Tab., Wien 1965.
- VAVTAR, F.: Die Erzanreicherungen im Nordtiroler Stubai-, Ötztal- und Silvretta-Kristallin. – Archiv. f. Lagerst.forsch., Geol.B.-A., **9**, 103–153, Wien 1988.
- WALLNER, P.: Integrierte Rohstoffsuche in der Kreuzeckgruppe (Kärnten, Österreich) mit besonderer Berücksichtigung der schichtgebundenen Kieslagervererzungen im Raume Strieden – Knappenstube und Politzberg. – Unveröff. Diss., MU Leoben, 241 S., 56 Abb., Leoben 1981.
- WEBER, L.: Die Blei-Zinkerzlagerstätten des Grazer Paläozoikums und ihre Rahmen. – Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., **12**, 289 S., 192 Abb., 25 Tab., Wien 1990.
- WELLMER, F. W., HANNAK, W., KRAUSS, U. & THORMANN, A.: Deposits of Rare Metals. – In: KÜRSTEN (Ed.): Raw Materials for New Technologies; Proceedings of the Fifth Intern. Symp., Hannover, 1988, 71–121, 33 Fig., Stuttgart (Schweizerbart) 1990.
- WENINGER, M.: Über Gehalte an Germanium, Zinn und einigen anderen Spurenelementen in ostalpinen Graphit- und Talkgesteinen. – Tschermarks Miner.-Petrogr. Mitt., **10**, 475–490, 6 Abb., 1 Tag., Wien (Springer) 1965.
- WETZENSTEIN, W.: Die Mineralparagenesen der Blei-Zinkerzlagerstätten St. Veit (Heiterwandgebiet, östliche Lechtaler Alpen, Tirol). – Verh. Geol. B.-A.. **1972/2**, 288–298, Wien 1972.
- ZAKI, M.R. & SCHROLL, E.: Spektrochemische Spurenanalyse auf Seltene Erden in Schwerspäten. – Anz. Österr. Akad.Wiss., **96/9**, 162–165, 1 Tab., Wien 1959.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 15. April 1994