

Leopold Weber

Die neue Metallogenetische Karte Österreichs Das Rohstoffpotential Österreichs

Summary

The first part of the paper deals with the fact, that most of the rich mineral deposits (e.g. banded iron formation, manganese ores, stratiform chromites) are linked to archean shields. The mineralizations of orogenic belts reflect different geneses. Each orogen system contains its characteristic mineral deposits. As a rule of thumb, the younger the orogen, the poorer the mineralizations. The fact, that older (rich) mineralization becomes mobilized by younger events and may reconcentrated in (poorer) mineralizations of younger orogenic systems, may be explained as "metallogenetic heritage".

The second part of the paper is dedicated to the new "Metallogenetic Map of Austria" and the handbook as well. Metallogenetic maps should emphasize connections between geology, tectonic and mineral deposits. Mineral deposits of similar metal content, similar genesis, which show a strong link to a particular geologic and/or tectonic unit, are defined as a "metallogenetic district". As a matter of fact those maps may be a decision basis for prospecting – or exploration programs, for geoscientists to clarify various problems as well.

This metallogenetic map, which includes occurrences of ores, industrial minerals and mineral fuels is the first of its kind in Austria. As the available geologic maps proved to be insufficient, it was inevitable to draw up an up to date geologic-tectonic base map. Furthermore the numerous information concerning mineral deposits had to be checked carefully to build up a reliable data base.

As a result of a careful metallogenetic analysis, some prospective areas are discussed in general in part three of the paper.

Einleitung

In der Bergwirtschaft werden als Lagerstätten diejenigen Vorkommen mineralischer Rohstoffe in der Natur verstanden, die nach Lage, Größe und Beschaffenheit innerhalb einer absehbaren Zukunft von mehreren Jahrzehnten für einen Bergbau mit wirtschaftlichem Nutzen in Frage kommen können (FETTWEIS, G. B. L. in WEBER, L. [ed.] 1997).

In den Geowissenschaften wird das überdurchschnittliche Auftreten eines oder mehrerer Elemente und/oder deren natürliche Verbindungen in der Erdkruste als Lagerstätte bezeichnet. Betrachtet man die durchschnittliche Konzentration der einzelnen Elemente in der Erdkruste, so zeigt sich, daß bereits 9 Elemente zu 99 % am Aufbau der festen Erdkruste beteiligt sind:

O	46,60	Gew.%
Si	27,72	Gew.%
Al	8,13	Gew.%
Fe	5,00	Gew.%
Ca	3,63	Gew.%
Na	2,63	Gew.%
K	2,59	Gew.%
Mg	2,09	Gew.%
Ti	0,44	Gew.%

Die übrigen natürlich vorkommenden Elemente, dazu zählen auch die meist an Schwefel gebundenen (chalkophilen) Metalle, wie Kupfer, Blei, Zink usw., sind im verbleibenden restlichen Prozent zu suchen.

Lagerstätten sind somit bereits aus dieser Betrachtungsweise seltene Phänomene der Natur. Die Durchschnittsgehalte von Elementen in der Erdkruste, wie sie erstmals vom Geochemiker CLARK errechnet worden sind („Clark-Werte“), müssen durch natürliche Konzentrationsprozesse um ein Vielfaches überschritten werden, daß es zu wirtschaftlich nutzbaren Rohstoffanreicherungen kommen kann. Oft bedarf es dazu hoher Anreicherungsfaktoren, wie z. B. bei Gold von über 1000, um überhaupt von Lagerstätten sprechen zu können.

Lagerstätten bilden sich keineswegs zufällig und überall. Ihre Entstehung geht auf bestimmte nachvollziehbare physikochemische Gesetzmäßigkeiten und Prozesse zurück. Während sich in den ältesten geologischen Zeiträumen die Lagerstätten im Zuge der Konsolidierung der Erdkruste bildeten, wurden im Laufe des weiteren geologischen Werdeganges der Erde die Lagerstätten durch Krustenumarbeitung, wie z. B. Gebirgsbildungen generiert.

Kratogene und orogene Lagerstättenbildung

Betrachtet man die globale Verteilung der Großlagerstätten, fällt vor allem deren Bindung an die ältesten Krustenanteile der Erde auf (Abb. 1):

Im Archaikum, das ist der Zeitraum zwischen rd. 3,8 und 2,5 Mrd Jahren, bildeten sich die weltwirtschaftlich bedeutendsten Lagerstätten an Gold, Eisen, Mangan, Chrom, Nickel, Kupfer, Zink, aber noch kaum Uran und Blei.

Insbesondere fällt dabei auf, daß viele Vererzungen an sog. Greenstone Belts, das sind Bereiche innerhalb der Alten Schilde, die von basischen Vulkaniten beherrscht werden, gebunden sind. Eine massive Häufung von komplexen Sulfidz-lagerstätten findet sich beispielsweise im Abitibi-Greenstone Belt Ostkanadas. Die Bildung dieser Lagerstätten ist in direktem Zusammenhang mit einem intensiven

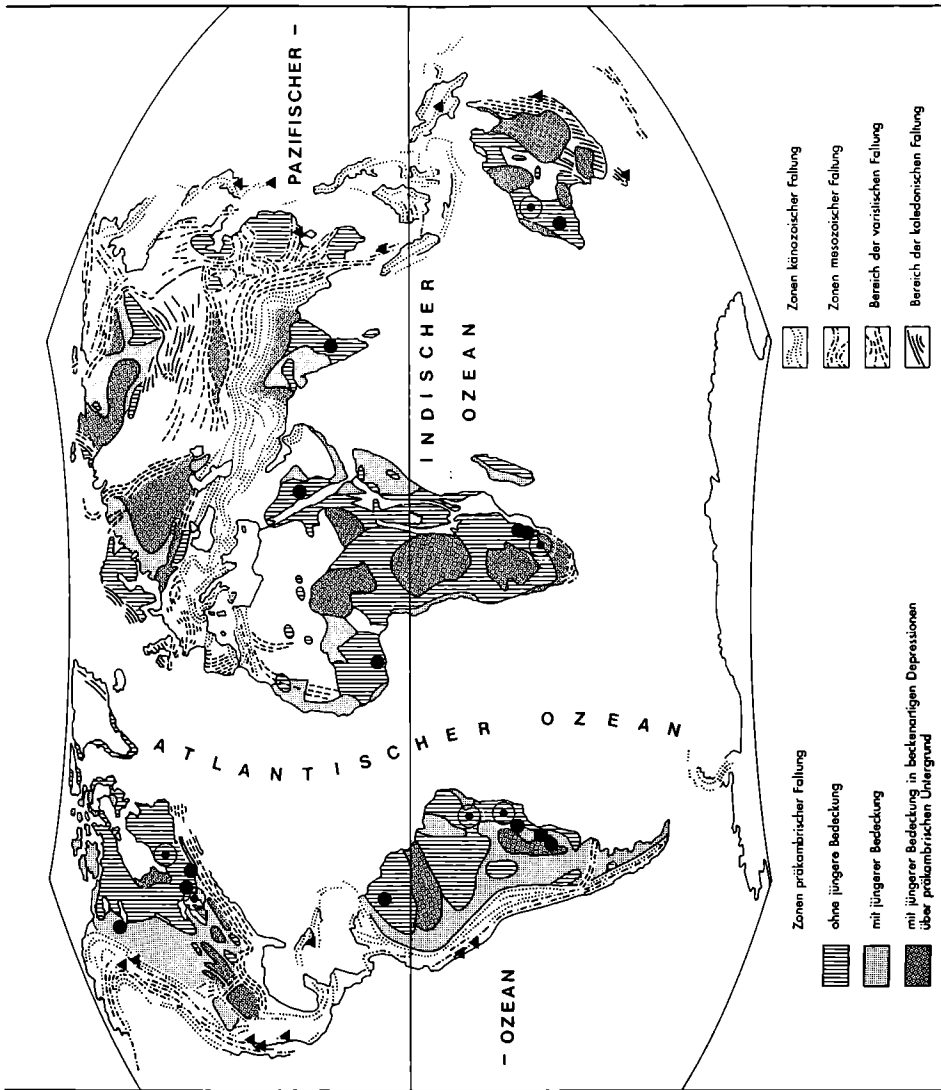


Abb. 1: Auf der stark vereinfachten geologischen Karte sind beispielhaft die wichtigsten Lagerstätten vom Typ der Au-Scherklüftvererzungen, sowie vom Typ der Au-U führenden oligomikten Konglomerate und ihre Bindung an die Alten Schilde zu erkennen. Demgegenüber sind die wichtigsten Lagerstätten der W-Cu-Sn-Skarnvererzungen an junge Orogene gebunden

Punkte: An archaische bzw. proterozoische Greenstone-Belts gebundene Goldvererzungen;
 Kreis mit Punkt: oligomikte Konglomeratlagerstätten (Gold, Uran, Seltene Erden);
 Dreiecke: Skarnvererzungen des zirkumpazifischen Raumes

submarinen Vulkanismus oder zumindest einer heftigen hydrothermalen Aktivität zu sehen. Dieser Vererzungstyp der „Volcanogenic-Massive-Sulfide-(VMS) Deposits“ zählt zu den wichtigsten Explorationszielen, da sich diese Lagerstätten durch enorme Dimension und Wertstoffkonzentration auszeichnen (Abb. 2).

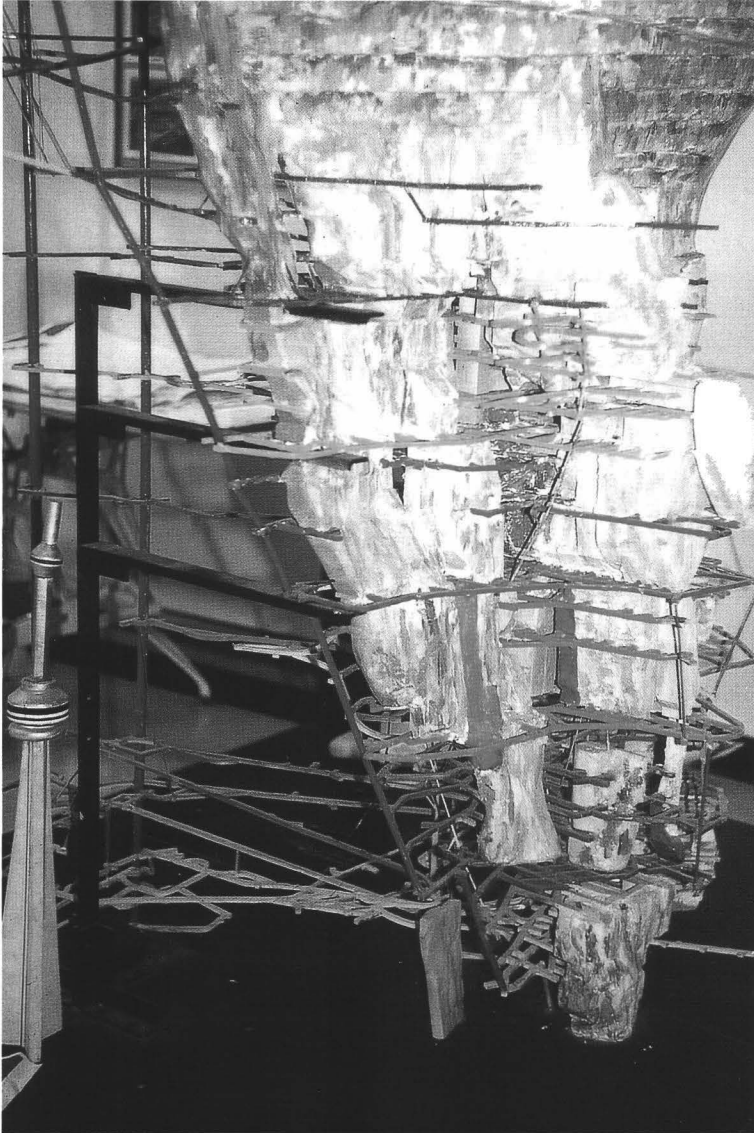


Abb. 2: Modell der Pb-Zn-Cu-Erzlagerstätte Kidd/Creek bei Timmins (Ontario, Kanada). Zum Größenvergleich dient der 553 m hohe CN-Tower in Toronto

Wo derartige Basite bzw. Ultrabasite von jüngeren Granitoiden intrudiert wurden, konnten sich goldführende Scherzonenvererzungen bilden (Abitibi-Greenstone Belt / Kanada, Kolar Gold Fields / Indien, Barberton Mountains / Südafrika u. a. m; Abb. 3). Auch diese Vererzungen zählen zu den ältesten Metallanreicherungen der Welt.



Abb. 3: Au-Scherluftvererzung; Fairview-Mine, Barberton, Südafrika

Die wirtschaftlich bedeutendsten Chromerzlagerstätten sind stratiformer (schichtiger) Natur. Rund 89 % der als zuverlässige Schätzung einzustufenden Lagerstättenvorräte liegen in kratogenen Ultrabasitkomplexen. Die größten Lagerstätten liegen im Bushveld-Massiv Südafrikas, einem ca. 460 km langen und 330 km breiten Intrusionskomplex, der vor rd. 2 Mrd. Jahren entstanden ist.

Die übrigen 11 % fallen auf die kleinräumigen und stark gestörten podiformen (stockförmigen) Lagerstätten, die bemerkenswerterweise ausschließlich an jüngere Orogene (z. B. zirkumpazifischer Raum, Dinariden etc.) gebunden sind.

Die proterozoischen oligomikten Konglomeratlagerstätten sind eine der wichtigsten Ressourcen für Gold und Uran (Abb. 4). Sie entstanden durch Abtragung eines Hinterlandes einschließlich bereits existierender Vererzungen, mechanischen und chemischen fluviatilen Transport und Ablagerung der metallhaltigen Gesteinsfracht in Deltabereichen (z. B. Witwatersrand-Basin / Rep. Südafrika; Elliot Lake, Blind-River / Kanada).

Diese fossilen Seifenlagerstätten konnten nur unter den damals herrschenden sauerstoffarmen Bedingungen gebildet werden, da sonst der u. a.

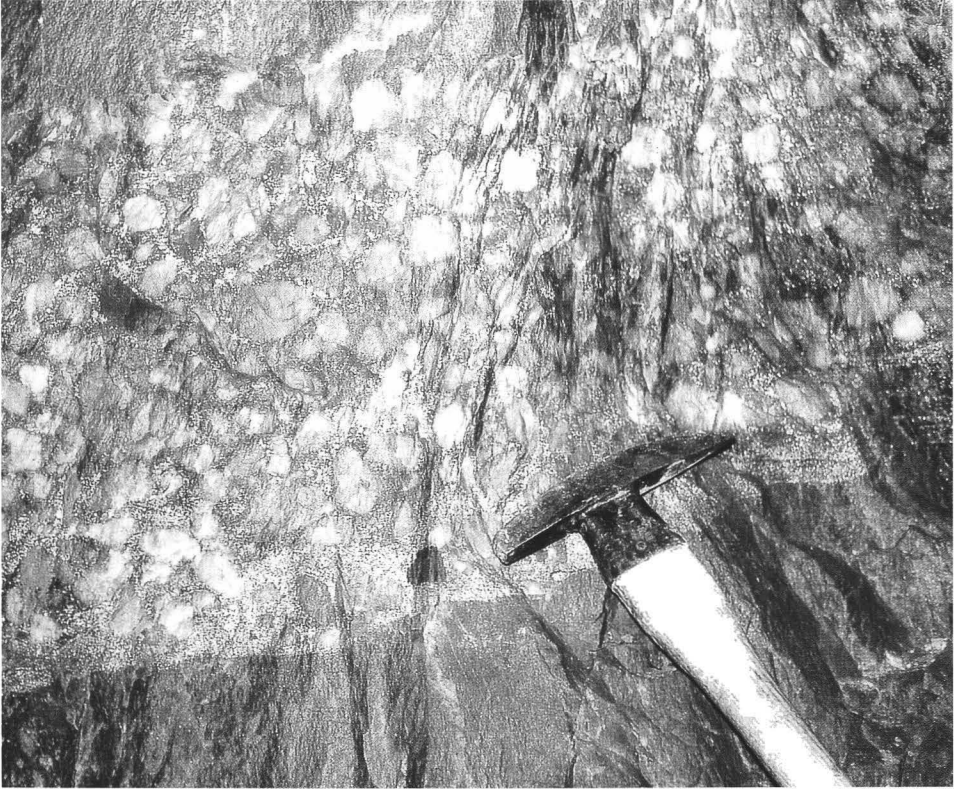


Abb. 4: U-Konglomerat; Elliot Lake, Ontario, Kanada

reichlich mittransportierte Pyrit rasch oxidiert worden wäre. Dies bedeutet aber auch, daß bereits vor der Bildung der erzführenden Konglomerate riesige Anreicherungen an Gold (aus den Greenstone Belts), sowie Uran und SEE aus granitoiden Intrusionskomplexen existiert haben müssen.

Im Proterozoikum bildeten sich auch die gigantischen Lagerstätten des Bänderisenerztyps. Sie entstanden in einem Zeitraum zwischen 2,6 und 1,8 Mrd. Jahren. Bei der Anreicherung des Eisens zu Lagerstätten spielte die Armut der Atmosphäre und der Meere an Sauerstoff eine bedeutende Rolle, da nur unter solchen Bedingungen Fe in ionarer Form transportiert werden kann. Der eigentliche Anreicherungsprozeß des Eisens, aber auch des Mangans wurde dabei von oxidierenden Bakterien gesteuert. Rund $\frac{3}{4}$ der Welteisenerzproduktion stammt aus diesen Lagerstätten (Abb. 5).

Demgegenüber nimmt jedoch die Anzahl der Großlagerstätten im Phanerozoikum, insbesondere in den geologisch jüngeren Orogenen merklich ab. Die Ursachen hierfür sind vielfach. Einer der Gründe liegt offensichtlich auch darin, daß im Archaikum und im Proterozoikum der größte Teil der verfügbaren Metalle in Kruste oder Lagerstätten bereits gebunden wurden. Charakte-



Abb. 5: Bändereisenerze; Sishen, Südafrika

ristischerweise wurden aber durch Verwitterung des Untergrundes in tropisch-humiden Klimazonen große Lagerstätten an Al (Bauxit) gebildet, deren Entstehung wiederum in geologischen Zeiten mit Sauerstoffarmut undenkbar ist.

Durch die Wiederaufarbeitung von Krustenteilen durch metamorphogene Mobilisation oder Aufschmelzung von Krustenteilen erfolgte eine Mobilisierung der Metalle und zwangsläufig eine Verdünnung der Metallkonzentration. Die Intensität der Konzentration nimmt somit mit jeder Umarbeitung während der einzelnen Gebirgsbildungen stets weiter ab.

Gerade in einem jungen Orogen wie den Ostalpen mit mehreren orogenen Vorläufern ergeben sich somit keine optimalen Voraussetzungen für die Existenz von Großlagerstätten. Das immer wieder strapazierte Sprichwort „Österreich ist reich an armen Lagerstätten“ ist daher keineswegs eine leere Floskel, sondern ist durchaus auch wissenschaftlich begründbar.

Erfolgt die Lagerstättenbildung zufällig?

Bestimmte Lagerstätten bilden sich, bestimmten Naturgesetzen folgend, in bestimmten Räumen und Zeiten. Von der Art, der Lage und der Zusammensetzung der jeweiligen Kruste wird auch das Lagerstätteninventar bestimmt. Somit unterscheiden sich die unterschiedlichen Orogene u. a. auch in

ihrer Lagerstättenführung. Aus der Art und Verteilung der einzelnen Rohstoffvorkommen können auch wichtige Rückschlüsse über die Entstehung der jeweiligen Gebirge gezogen werden. So sind für die Orogene des zirkumpazifischen Raumes, die sich von den Alpen in Genese und Baustil grundlegend unterscheiden, auch unterschiedliche Lagerstätten charakteristisch. Im Gegensatz zu den Alpen treten hier subduktionsbedingt die porphyrischen Cu- und Mo-Erzlagerstätten, bzw. die W-führenden Skarnlagerstätten deutlich hervor (Abb. 1).

Dennoch sind in allen Orogenen bestimmte Gemeinsamkeiten bei der Bildung der Lagerstätten unverkennbar: Einem Geosynklinalstadium sind ebenso wie für das hochorogene bzw. das postorogene Stadium jeweils charakteristische Lagerstätten zuzuschreiben, die sich durch ihren Wertstoffinhalt bzw. der Form unterscheiden. In einem komplexen Orogen, wie z. B. den Ostalpen, kommt dabei auch jeder zeitlich unterscheidbaren Orogenese jeweils die eigene spezifische und charakteristische Chalkogenese zu.

Die Kenntnis der räumlichen, zeitlichen, physikalischen und chemischen Bildungsbedingungen der Mineralisationen ist für eine effiziente Lagerstätten-suche unbedingt notwendig. Eine Lagerstätte ist durchaus mit einem Flugschreiber zu vergleichen. Viele Informationen über die faziellen, tektonischen, physikochemischen, und thermischen Gegebenheiten während des Vererzungszeitraumes sind u. a. in der Mineralparagenese oder Flüssigkeitseinschlüssen „abgespeichert“, und können mit Hilfe moderner Untersuchungsmethoden regelrecht abgefragt werden. Dabei können aber auch zahlreiche, für die allgemeine und regionale Geologie wertvolle Informationen gewonnen werden, was oft von den Nicht-Lagerstättengeologen viel zu wenig genutzt wird.

Die wichtigste Aufgabe vor der eigentlichen metallogenetischen Analyse ist es daher, die Aufzeichnungen dieser zahlreichen „Black Boxes“, die über das gesamte Bundesgebiet verteilt und oftmals seit mehreren Hundert Mio. Jahren Informationen sammelten, auszuwerten, d. h., die einzelnen Rohstoffvorkommen nach Genese, Wertstoffinhalt, Form, geochemischen Besonderheiten und Nebengestein zu ordnen und zu dokumentieren.

In mehrjähriger Arbeit wurde aus diesen Informationen eine metallogenetische Karte Österreichs ausgearbeitet, in der aus der Vielzahl der erfaßten Lagerstätten rund 2000 genetisch bedeutsame Rohstoffvorkommen eingetragen sind. Von F. EBNER wurde eine neue geologisch-tektonische Basiskarte erstellt, in der die aktuellsten Forschungsergebnisse berücksichtigt worden sind.

Die Unzahl der vielen kleinen Vorkommen läßt auf den ersten Blick eine Ordnung nur schwer erkennen. Versucht man jedoch, die einzelnen Rohstoffvorkommen nach gleichartiger Lagerstättenform, Wertstoffinhalt, Bindung an ein bestimmtes Nebengestein, an eine charakteristische tektonische Struktur usw. zu ordnen, somit Lagerstätten zusammenzufassen, die offensichtlich gleichartig und gleichzeitig entstanden sind, lassen sich regionale Gemeinsamkeiten leichter identifizieren. Solche Bereiche können als metallogenetische Bezirke bezeichnet werden.

Lagerstättenkarten oder Metallogenetische Karten ?

Rohstoffvorkommen können entweder in Lagerstättenkarten oder Metallogenetischen Karten dargestellt werden. **Lagerstättenkarten** sind solche, auf welchen die einzelnen Rohstoffvorkommen bloß lagemäßig in einfacher Symbolform dargestellt werden. Sofern es der Maßstab zuläßt, werden in Lagerstättenkarten möglichst alle bekannten Rohstoffvorkommen eingetragen. Aus derartigen Karten ist zwar die Verteilung der einzelnen Rohstoffvorkommen ersichtlich, weiterführende Aussagen zur Genese oder eine Zusammengehörigkeit von Gruppen von Rohstoffvorkommen sind aber nicht möglich.

Metallogenetische Karten sind demgegenüber geologische Karten, auf welchen einzelne Rohstoffvorkommen nach (1) deren Form, (2) Orientierung, (3) Wertstoffinhalt, und (4) Dimension dargestellt werden. In manchen metallogenetischen Karten wird auch versucht, in der Symbolform die Genese der Mineralisation auszuweisen. In der „Metallogenetischen Karte von Österreich“ wurde auch versucht, die (5) Lagerstättendichte optisch darzustellen. Lagerstätten eines Bezirkes wurden, sofern dies zweckmäßig schien, durch eine (6) Kontur hervorgehoben (Abb. 6).

Aus metallogenetischen Karten soll vor allem der Zusammenhang zwischen ausgewählten Rohstoffvorkommen und deren Nebengestein bzw. tektonischer Position deutlich erkennbar sein. Dadurch ist es leichter möglich, metallogenetische Einheiten zu definieren und kartenmäßig abzugrenzen. Auf diese Weise ist es sodann möglich, Bereiche zu identifizieren, in welchen grundsätzlich mit der Existenz bestimmter Lagerstättentypen zu rechnen ist, oder anders ausgedrückt, in welchen Bereichen eine bestimmte Rohstoffführung aus faziellen, geochemischen oder strukturellen Gründen ausgeschlossen werden muß.

So darf beispielsweise auf Grund der örtlichen Gegebenheiten in den Ostalpen oder dem österreichischen Anteil des außeralpinen Variszikums nicht mit der Existenz archaischer bzw. proterozoischer Lagerstätten in wirtschaftlich oder technisch erreichbarer Tiefe der Erdkruste gerechnet werden. Daß allerdings im kristallinen Basement des Alpenkörpers sehr wohl Krustenanteile mit einer bedeutenden Metallvorkonzentration offensichtlich vorhanden waren bzw. möglicherweise auch noch sind, soll an Hand mehrerer typischer ostalpiner Vererzungen verdeutlicht werden:

Die „Metallogenetische Vererbung“

Die Scheelitvererzungen des Felbertales bei Mittersill liegen im unteren Teil der Eruptivgesteins-Formation der Habachserie und umfassen eine bis zu 400 m mächtige Gesteinsabfolge mit Scheelit-Mineralisationen. Typische Gesteine sind sowohl feinkörnige als auch grobkörnige Amphibolite („Grobkornamphibolite“) und Hornblendefelse („Hornblendite“). Diese Hornblendite mit sehr seltenen

diopsidischen Klinopyroxen-Relikten und die lokal intensiv damit verzahnten Grobkornamphibolite sind offensichtlich kogenetisch und auf pyroxenitische Kumulate bzw. gabbroide Protolithen zu beziehen. Ihre Platznahme erfolgte offenbar an bedeutenden Störungszonen. Jüngere, lithologisch unterschiedliche, leukokrate Orthogneise sind als geringmächtige linsenförmige Körper häufig an die mafischen Gesteinsassoziationen gebunden. Ihre Platznahme war lokal von der Bildung großer, Scheelit-führender Quarzmassen und Eruptionsbreccien (K2-Erzkörper) begleitet. Eine U-Pb-Zirkondatierung der Grundmasse der Eruptionsbreccie lieferte ein primäres Kristallisationsalter der Zirkone von 593 ± 22 Ma (EICHORN, R. 1995). Diese Eruptionsbreccie und ihre begleitenden Fluide sind für die Entstehung der bedeutendsten Vererzung (Scheelite der 1. Generation) im Mittersiller Revier mit über 400.000 t Erz (0,65 % WO_3) verantwortlich.

Bedeutende Scheelitvererzungen (Scheelite der 2. Generation) liegen im Umfeld weiterer Orthogneiskörper. Für diese Orthogneiskörper (K1- und K3-Gneise) wurden Rb-Sr Alter von 316 ± 10 Ma ermittelt. U-Pb Zirkondatierungen ergaben ein Kristallisationsalter von 336 ± 19 Ma für den K1- und K3-Gneisprotolithen (EICHORN, R. 1995).

Geochemische und isotopengeochemische Untersuchungen zeigen, daß ein Großteil der im K1- und K3-Gneis angereicherten Spurenelemente im K2-Gneis in noch höheren Konzentrationen angereichert ist. Es darf angenommen werden, daß der K1- bzw K3-Gneis Wolfram, aber auch die anderen charakteristischen Spurenelemente übernommen hat.

In der Lagerstätte Mittersill sind auch eine Reihe von Lamprophyrgängen bekannt. U-Pb-Titanit Datierungen lieferten ein spätvariszisches Alter von 280 ± 4 Ma. Auch in anderen Gesteinstypen konnten ähnliche Metamorphosealter nachgewiesen werden. Diese Metamorphose bewirkte eine abermalige Mobilisation und Sammelkristallisation des Erzmineralbestandes und führte zur Bildung des Scheelits der 3. Generation.

Eine junge, alpidische Metamorphose zeigt schließlich Alter von rund 30 Ma. Sie bewirkte eine Neuspaltung von Beryll, grossularreichem Granat, Apatit, Fluorit und Aktinolith. Darüberhinaus wurde abermals der Erzmineralbestand remobilisiert, wenngleich geringer als bei der variszischen Metamorphose.

Die Anlage eines der größten Scheelitvorkommen der westlichen Welt ist somit jungproterozoisch und setzt einen prä-jungproterozoischen Urbestand voraus. Bei der Anreicherung waren auch Assimilationsprozesse einer variszischen Granitintrusion mitbeteiligt. Die spätvariszische und die jungalpidische Metamorphose führten zwar zu keiner weiteren Wolframzufuhr, wohl aber zu einer Überprägung der bereits existenten Lagerstättenkörper.

Als weiteres Beispiel für eine Herkunft der Metalle aus tieferen Krustenteilen soll die Genese der kalkalpinen Blei-Zinkvererzungen näher beleuchtet werden:

Die kalkalpinen Blei-Zinkvererzungen sind in erster Linie im Drauzugmesozoikum und in den Nördlichen Kalkalpen entwickelt. Dabei treten Vererzungen jeweils einerseits im Anis, andererseits im Karn auf. Die stratigraphischen, aber auch die paragenetischen Unterschiede waren Gründe dafür, jeweils unter einem „Blei-Zinkerzbezirk Anis“ und einem „Blei-Zinkerzbezirk Karn“ zu unterscheiden.

Die stratigraphisch älteren (anisischen) Vererzungen zeichnen sich vor allem durch eine Fahlerzführung aus. Bei den Nordtiroler Vererzungen können sogar silberreiche Paragenesen mit Rotgültigerz, Enargit, Chalkopyrit auftreten. Dies darf durchaus als Einfluß von Vererzungen des darunterliegenden Devons mit seinen charakteristischen Fahlerzvererzungen interpretiert werden.

Auch bei den anisischen Blei-Zinkvererzungen des Drauzugmesozoikums sind die Silber-, Kupfer- und Arsengehalte meist leicht überhöht, was ebenfalls auf einen qualitativen Einfluß des Untergrundes hinweist.

Bemerkenswerterweise stimmen aber die Bleiisotopenalter mit dem Nebengesteinsalter durchwegs nicht überein. Für das Blei wird eine Herkunft aus der Unterkruste angenommen. Auch in diesem Falle zeichnet sich ab, daß masivere Anreicherungen aus älteren, tieferen Krustenteilen durch Fluide gelöst, transportiert und – leider verdünnt – in den tektonisch höheren, zugleich stratigraphisch jüngeren Sedimentabfolgen wiederangereichert wurden. Daß auch diese „Erstanreicherungen“ in den triadischen Sedimenten in alpidischer Zeit remobilisiert wurden, ist an zahlreichen Beispielen klar nachweisbar.

Wir können daher auf Grund dieser Fakten zu Recht von einer „metallogenetischen Vererbung“ sprechen. Ältere und reichere Metallanreicherungen werden im Zuge von jüngeren tektonischen Ereignissen und den damit verbundenen Fluidalprozessen aufgearbeitet, transportiert und in Abhängigkeit der physikochemischen Verhältnisse entweder entlang ihrer Aufstiegswege oder am Meeresboden ausgeschieden. Die Paragenese der jüngeren Mineralisationen kann dabei den Altbestand oft nicht verleugnen.

Diese beiden Beispiele können durchaus *pars pro toto* für viele ostalpine Vererzungen als Beispiel einer komplexen Genese herangezogen werden. Welche Schlußfolgerungen können nun aus der metallogenetischen Analyse der einzelnen Bezirke abgeleitet werden?

Das Rohstoffpotential Österreichs

Eisenerze und Stahlveredler

Eisen: Lagerstätten hochwertiger oxidischer Eisenerze, wie z. B. Bändereisenerze, sind im Bundesgebiet nicht bekannt und dürfen auch nicht erwartet werden. Die heimische Industrie ist daher auch in Zukunft auf den Import dieser Erze angewiesen. Zur Verhüttung dieser importierten (sauren) Erze sind allerdings Zuschläge karbonatischer (basischer) Eisenerze notwendig. Diese werden aus der größten Sideritlagerstätte Österreichs, dem Steirischen Erzberg, gewonnen. Diese stockförmige Lagerstätte mit ihrer typisch wolkig-diffusen Wertstoffführung ist der bedeutendste Vertreter des „*Eisen-(Kupfer-)erzbezirkes Norische Decke*“. Obwohl noch zahlreiche weitere Vorkommen dieses Lagerstättentyps in diesem Bezirk bekannt sind, ist mit dem Auftreten größerer oder reicherer Vorkommen nicht zu rechnen.

Neben diesem wirtschaftlich bedeutenden Erzbezirk befinden sich in den Ostalpen weitere eisenerzführende Einheiten im Paläozoikum, den Quarzphylliten, dem zentralalpinen Kristallin bzw. der Kalkalpenbasis. Keiner dieser führt jedoch solche Lagerstätten, die auf Grund ihrer Größe, der Form (Lager, Klüfte,

Gänge) oder ihres Wertstoffinhalts als eine ernstzunehmende Eisenerzressource angesehen werden dürfen.

Stahlveredler (Chrom, Nickel, Kobalt, Mangan, Molybdän, Titan, Vanadium, Wolfram): Aus geologischen Gründen und lagerstättenkundlichen Überlegungen sind im Bundesgebiet wirtschaftlich bedeutende Lagerstätten der Stahlveredlermetalle Chrom, Nickel, Kobalt, Titan und Vanadium auszuschließen. Diese Metalle sind häufig in solchen Lagerstätten zu finden, die sich im Archaiikum bzw. Proterozoikum als Erstdifferenziate in Ultrabasiten gebildet haben. Auch bestanden keine geeigneten Rahmenbedingungen zur Bildung großer stratiformer Manganerzlagerstätten, die ebenso wie die Bändereisenerz-Lagerstätten entstanden sind.

Demgegenüber herrschten offensichtlich günstigere Bildungsbedingungen für Wolfram, die zur Entstehung der Scheelitlagerstätte Mittersill führten (*Wolframerzbezirk Felbertal*). Im Zuge der intensiven Prospektions- und Explorationsarbeiten im gesamten Bundesgebiet sind zahlreiche weitere Kleinvorkommen nachgewiesen worden. Überraschenderweise wurde aber kein weiteres Vorkommen entdeckt, welches mit der Scheelitlagerstätte im Felbertal auch nur annähernd größenmäßig vergleichbar wäre. Aus diesem Grund kann auch kein weiteres Hoffungsgebiet definiert werden, sieht man von der westlichen Fortsetzung des Westfeldes von Mittersill ab. Scheelit ist aber ein wichtiges Wirtmineral für Molybdän. Dieses fällt schließlich bei der Weiterverarbeitung des Wolframkonzentrates an.

Buntmetalle (Blei, Zink, Kupfer, Zinn)

Blei-Zink: Die kalkalpinen Blei-Zinkerzlagerstätten, Teil der Blei-Zinkerzbezirke der Nördlichen Kalkalpen bzw. des Drauzugmesozoikums sind montangeologisch gründlich bearbeitet worden. Gerade aus diesem Grund ist mit dem Auftreten weiterer wirtschaftlich bedeutender Lagerstätten(teile) in und im Umfeld des jüngst stillgelegten Bergbaus Bleiberg nicht zu rechnen. Obwohl in der letzten Betriebsperiode im Bergbau Bleiberg-Kreuth in den südlichsten Abschnitten bemerkenswerte Lagerstättenteile gefunden worden sind, sind weitere Vererzungen tektonisch bedingt nur in größerer Tiefe zu erwarten und zufolge der hohen Produktionskosten beim gegenwärtigen Preisniveau unwirtschaftlich.

Nach wie vor kann den stratiformen Vererzungen des „*Blei-Zink-Barytbezirkes Grazer Paläozoikum*“ sowie des „*Blei-Zinkerzbezirks Meiselding*“ eine – wenn auch bescheidene – Bedeutung zugemessen werden. Aber selbst unter der Voraussetzung, daß eine ausreichende Rohstoffbasis nachgewiesen werden könnte, wird eine allfällige Nutzung dadurch erschwert, als keine Möglichkeit einer Weiterverarbeitung mehr existiert.

Kupfer: Seit der Schließung des Kupfererzbergbaus Mitterberg findet keine Gewinnung von Kupfererzen in Österreich mehr statt. Da eine weitere Mechanisierung des Abbaues des steilstehenden Kupfererzganges kaum möglich war, waren auch hohe Gewinnungskosten die Folge. Zum Vergleich: Die **Jahresproduktion** an Hauwerk belief sich auf ca 190.000 t bei einem durchschnittlichen Metallgehalt von 1,3 %. Vergleicht man dies mit der **Tagesproduk-**

tion (!) einer porphyrischen Lagerstätte (z. B. Bingham, ca 100.000 t Erz mit 0,6 % Cu) ist unschwer zu ersehen, daß Gangerzlagertstätten vom Typus Mitterberg international nicht konkurrenzfähig sind. Dies gilt natürlich auch für die vergleichbaren Vererzungen aus dem *Kupfererzbezirk Röhrebühel-Kitzbühel*.

Einer wirtschaftlichen Gewinnung der Cu-führenden Erze des *Fahlerzbezirkes Schwaz-Brixlegg* steht die starke Absetzbarkeit der Erzkörper und die komplexe Zusammensetzung der Erze entgegen. Auch die übrigen kupferführenden Erzbezirke der westlichen Grauwackenzone stellen keine ausgesprochenen Hoffnungsgebiete dar.

Zinn: Zinnerzlagertstätten dürfen aus geologischen Gründen im Bundesgebiet nicht erwartet werden.

„Spezialmetalle“ (Germanium, Gallium, Thallium, Indium etc.)

Im Zuge eines Rohstoffforschungsprojektes wurden besonders aussichtsreiche ostalpine Lagerstätten als mögliche Spezialmetallressource untersucht. Dabei hat sich gezeigt, daß nahezu die Hälfte des Potentials auf die Blei-Zinkerzlagertstätte von Bleiberg-Kreuth fällt. Mit der Stilllegung dieses Bergbaus ist auch keine Möglichkeit mehr gegeben, diese Metalle nutzbar zu machen (CERNY, I. & SCHROLL, E., 1994, 1995).

Ein zumindest theoretisches Potential an Germanium, Gallium und Thallium besteht in den kalkalpinen Blei-Zinkerzlagertstätten am Südrand des Hochobirs, der Jauken, Pirkach bei Oberdrauburg und Lafatsch im Karwendel. Allerdings muß auch darauf hingewiesen werden, daß auf Grund der toxischen Eigenschaften des Thalliums das Angebot weit größer als die Nachfrage ist.

Die an Paläozoika gebundenen Blei-Zinkvererzungen sind üblicherweise arm an Ge, Ga und Tl. Die Blei-Zinkvererzungen von Meiselding (*„Blei-Zinkerzbezirk Meiselding“*) und Koproin im Paläozoikum der Karawanken treten wegen ihres Indiumgehaltes hervor.

Höhere Germaniumkonzentrationen, die auf das Ge-Mineral Renierit zurückzuführen sind, wurden in den Vorkommen Nöckelberg und Leogang (*„Polymet. Cu-Ni-Co-Hg-Ag Bezirk Leogang“*) bekannt. Die Dimension der Vorkommen schließt jedoch eine wirtschaftliche Gewinnung aus.

Sonder- und Leichtmetalle (Arsen, Antimon, Bauxit, Beryllium, Lithium, Niob-Tantal, Quecksilber, Seltene Erden, Uran, Zirkon)

Arsen: In zahlreichen Paragenesen ostalpiner Vererzungen sind Arsenminerale bekannt. Lagerstätten mit Arsenkiesdominanz wurden aber bereits in der Vergangenheit weniger auf Arsen, als auf das charakteristische Begleitmetall Gold bebaut. Ausgesprochene Arsenerzbezirke konnten im Zuge der metallogenetischen Analyse nicht identifiziert werden.

Überraschenderweise zeichnen sich aber zahlreiche großflächige Arsenanomalien in den kristallinen Anteilen der Ostalpen ab (GÖD, R. 1994, GÖD, R. & HEISS, H. 1997), die zwar vom umweltgeologischen Standpunkt zu beachten sind, aus rohstoffwirtschaftlicher Sicht jedoch kein Hoffnungsgebiet darstellen.

Antimon: Die Lagerstätten des *Antimonerzbezirkes Schlaining* zählen – gemessen an den initialen Lagerstättenvorräten – zu den größten Anreicherungen dieses Metalls in Europa. Diese Lagerstätten können nach jahrzehntelanger Abbautätigkeit heute zurecht als ausgeerzt angesehen werden, zumal auch die forcierten Hoffnungsbauarbeiten während der letzten Bergbauperiode keine Hinweise mehr auf bauwürdige Lagerstättenteile erbracht haben.

Den Antimonitvererzungen der Kreuzeckgruppe („*Antimon-[Arsen, Gold-Blei-Kupfer] Erzbezirk Kreuzeck-Goldeckgruppe*“) könnte u.U. eine Bedeutung zugemessen werden, wenn es gelänge, auch die Edelmetall- und Scheelitführung zu nutzen, vor allem aber den Tiefgang des bedeutendsten Vorkommens, der Rabanter Vererzung, zu erkunden.

Bauxit: Zahlreiche kleine Bauxitvorkommen sind an der Basis der kalkalpinen Gosau bekannt („*Bauxitbezirk Nördliche Kalkalpen*“). In der Kleinräumigkeit der Vorkommen liegt begründet, diesen keinerlei Höffigkeit zuzusprechen.

Beryllium: Wirtschaftlich bedeutende Beryllvorkommen sind an Pegmatite gebunden. Obwohl viele Pegmatite der Böhmisches Masse und des ostalpinen Kristallins Berylle führen, konnte kein einziger Berylliumerzbezirk identifiziert werden. Das einzige bemerkenswerte Berylliumvorkommen der Ostalpen befindet sich auf der Leckbachscharte im Habachtal. Nicht nur die Lage des Vorkommens in der Kernzone des Nationalparks Hohe Tauern, sondern auch der Lagerstättentyp geben zu keiner Hoffnung Anlaß.

Lithium: Obwohl die Spodumenlagerstätte auf der Koralpe („*Spodumenpegmatitbezirk Weinebene*“) durchaus zu den größeren der westlichen Welt zählt, ist eine wirtschaftliche Nutzung aus verschiedensten Gründen, u. a. mangels einer weiterverarbeitenden Industrie, im Inland nicht möglich. Ein starkes Produzentenoligopol läßt darüberhinaus für „Newcomer“ kaum Chancen, sich zusätzlich am Weltmarkt zu behaupten. Es darf aber durchaus damit gerechnet werden, daß weitere derartige Vorkommen noch gefunden werden könnten.

Niob-Tantal, Seltene Erden: Erze des Niobs und des Tantals, die aus geochemischen Gründen stets gemeinsam auftreten, sowie Seltenerdmineralisationen sind fast ausschließlich an Karbonatitkomplexe gebunden. Aus geologisch-tektonischen Gründen sind im Bundesgebiet keine derartigen Karbonatitsysteme bekannt, weswegen auch solche Vererzungen nicht erwartet werden dürfen.

Quecksilber: Quecksilbermineralisationen sind in Österreich zwar verschiedenorts bekannt, Hoffungsgebiete bieten sich aber keine an. Eine wirtschaftliche Nutzung wäre heute selbst bei der Existenz von Großlagerstätten zufolge des weltweiten Überangebotes und der sinkenden Nachfrage schwer möglich.

Uran: Obwohl Uran in erste Linie als Energierohstoff verwendet wird, erfolgt die nähere Darlegung im gg. Kapitel.

Die wirtschaftlich bedeutendsten Uranerzlagerstätten sind jene des „Unconformitytyps“ (Kanada; Saskatchewan), des Konglomerattyps (Kanada; Ontario/Elliot Lake, Rep. Südafrika (Witwatersrand-Konglomerat), sowie des Sandsteintyps (USA, Colorado, New Mexico). Sieht man vom U-Mineralisationen in Sandsteinen und deren metamorphen Produkten ab, fehlen Lagerstätten dieser Typen in Österreich und dürfen auch nicht erwartet werden.

Klufförmige Anreicherungen von (sekundären) Uranmineralen sind im nördlichen Waldviertel bekannt („*U-[F]-Bezirk Süd-Böhmische Granite*“). Diese Vorkommen sind eher als Umweltproblem denn als Uranressource zu bezeichnen. Gleiches gilt wohl auch für die Urananreicherungen im Rauristal („*Kupfer-[Uran]erzbezirk Tauernfenster*“).

Die an die ostalpinen Permoskythsandsteine und -quarzite gebundenen Uranmineralisationen sind durchaus als (metamorph überprägter) Sandsteintyp zu klassifizieren („*Uranerzbezirk Kalkalpenbasis*“, „*Uranerzbezirk Radstädter Tauern*“, „*Uranerzbezirk Liesing-Paltental*“, „*Uranerzbezirk Semmering-Wechsel*“). Die stratiformen imprägnationsartigen Anreicherungen sind aber sowohl von ihrer Dimension, als auch vom Wertstoffgehalt weit von einer wirtschaftlichen Nutzbarkeit entfernt, sodaß keinem der zitierten Bezirke auch nur annähernd ein Hoffnungscharakter zugemessen werden darf.

Zirkon: Die wirtschaftlich bedeutendsten Zirkonanreicherungen sind in (rezenten) marinen Strandseifen entwickelt. Solche Lagerstätten dürfen im Bundesgebiet nicht erwartet werden.

Edelmetalle (Gold, Silber, Platin, PGE)

Gold: Die weltwirtschaftlich bedeutendsten Lagerstättentypen, in denen Gold angereichert ist, wie z. B. der Konglomerattyp (Südafrika!), Scherkluffvererzungen in Greenstone-Belts (Kanada, Südafrika, Indien), oder Goldvererzungen des Carlin-Typen (Nordamerika) sind in Österreich weder vorhanden noch zu erwarten.

Dennoch konnten in den Ostalpen 10 verschiedene Erzbezirke identifiziert werden, in welchen Gold das dominante Wertmineral darstellt. Der bekannteste ist wohl der „*Golderzbezirk Rauris-Gastein (Tauerngoldgänge)*“. Dieser Bezirk liegt zur Gänze in der Kernzone des Nationalparks Hohe Tauern, sodaß weitere Untersuchungen wohl nur mehr wissenschaftlichen Charakter haben können. Gleiches gilt für den „*Gold-Kupfererzbezirk Rotgülden-Schurfspitze*“, den „*Golderzbezirk Pöllamaltatal*“ und den „*Golderzbezirk Hirzbach-Schiedalpe-Kloben*“. Die außerhalb des Nationalparks gelegenen stratiformen Gold-Scheelitvererzungen des „*Gold-Wolframerzbezirk Schellgaden-Oberdorf*“ werden zur Zeit exploriert.

Die in den unterostalpinen Serien des Innsbrucker Quarzphyllites eingeschalteten Golderzlager von Zell/Ziller wurden in der Vergangenheit exzessiv genutzt („*Golderzbezirk Zell/Ziller*“). Die Rücklässe liegen in einem kaum mehr nutzbaren Bergschadensgebiet. Eine mögliche Westfortsetzung der Lagerstätte im Bereich des Untergrundes der quartären Füllung des Zillertales ist aber durchaus wahrscheinlich, wenngleich eine Nutzung eine bergtechnische Herausforderung darstellen würde.

Von den Goldvererzungen des zentralalpiner Kristallins sind jene des Stubalpenkristallins hervorzuheben („*Golderzbezirk Klieninger-Kothgraben*“). Leider ist in den vergangenen Jahren durch unzureichende Explorationsversuche die Chance vertan worden, die gangförmigen Vererzungen im Klieningerfenster gründlich zu untersuchen. Bemerkenswert ist jedenfalls die Tatsache, daß Gold-

vererzungen auch in anderen Aufbrüchen des Stubalpenkristallins, wie z. B. im Wolfsberger Fenster auftreten. Aus geologischen Überlegungen kann vor allem der Bereich des Stubalpenkristallins zwischen den beiden Fenstern durchaus als höffig bezeichnet werden.

In der weiteren NE-Fortsetzung dieser Vererzungen zeichnet sich auf der Karte des Scandiums des Geochemischen Atlas von Österreich (THALMANN, F., SCHERMANN, O., SCHROLL, E. & HAUSBERGER, G., 1989) eine bemerkenswerte Anomalie ab. Geht man davon aus, daß hierbei Meta-Andesitvorkommen abgebildet werden, ist die Annahme durchaus begründet, daß es sich um eine Gunstzone für Gold handeln könnte. Daß gerade im Kreuzungsbereich dieser Zone mit dem Murtal eine Ortschaft namens Zlatten (Zlata=slaw.: Gold) existiert, sollte nicht bloß ein Zufall sein, zumal Andesite wegen ihrer Au-Führung bekannt sind (z. B. Siebenbürgen!).

Bemerkenswert ist zweifelsohne, daß eine Reihe von ostalpinen polymetallischen Vererzungen auch Gold führen, wie z. B. die Sideritvererzung von Pitzen usw. Diese Goldführung auf die erstmals W. Tufar in zahlreichen Arbeiten aufmerksam gemacht hat, wurde während der Bergbautätigkeit nicht erkannt. In der Größe der einzelnen Vorkommen liegt heute leider die wirtschaftliche Bedeutungslosigkeit begründet.

In den fluviatilen Sedimenten der größeren Flüsse, die ihren Ursprung in der Tauernregion haben, sind durchaus Seifengoldanreicherungen zu erwarten, die in Zusammenhang mit der Nutzung von Kies und Sand gewonnen werden könnten.

Silber: Silber wird weltweit hauptsächlich als Nebenprodukt bei der Verhüttung von Bleierzen gewonnen. Darüberhinaus führen polymetallische Vererzungen vielfach auch Silber. Daher ist es auch nicht verwunderlich, daß in zahlreichen Erzbezirken der Ostalpen auch Silber nachgewiesen worden ist. Die Buntmetallvererzungen des ostalpinen Paläozoikums, wie z. B. jene des „Blei-Zink-Barytbezirkes des Grazer Paläozoikums“, oder jene der Gurktaler Decke („Blei-Zinkerzbezirk Meiselding“, „Blei-Zinkerzbezirk Metnitz“) zeichnen sich durch bemerkenswerte Silbergehalte aus. Gleiches gilt auch für den „Silbererzbezirk Kreuzeck-Goldeckgruppe“.

Differenzierter ist jedoch die Silberführung bei den kalkalpinen Blei-Zinkvererzungen: Während die anisischen Vererzungen sowohl des Drauzugmesozoikums als auch die der Nördlichen Kalkalpen Silber führen, sind die an das Karn gebundenen Vererzungen des Drauzugmesozoikums überraschenderweise silberfrei. Demgegenüber sind die zeitlich entsprechenden Vererzungen der Nordtiroler Kalkalpen und der östlichen Kalkalpen u. a. wegen ihrer Silberführung bekannt geworden.

Keiner der angeführten Bezirke darf jedoch als ernst zu nehmendes Silbererz-Hoffungsgebiet angesprochen werden.

Platin, PGE: Platinmineralisationen treten in erster Linie als liquidmagmatische Ausscheidungen in zahlreichen Ultrabasitkomplexen der Erde auf. Im weitgehenden Fehlen solcher Gesteinsabfolgen liegt auch das Fehlen an Platinmineralisationen begründet. Zweifelsohne von wissenschaftlichem Interesse sind jedoch die Pt-Mineralisationen des Kraubather Ultrabasitstockes.

Industrieminerale (Asbest, Baryt, Bentonit, Graphit, Feldspat, Flußspat, Glimmer, Salz, Gips, Anhydrit, Kaolin, Magnesit, Phosphate, Quarz, Quarzit, Quarzsand, Talk und Leukophyllit)

*Bemerkung: Nicht gesondert behandelt werden in dieser Arbeit Industriege-
steine, wie. z. B. Granite, Kalksteine für Bauzwecke, Dekorsteine etc.*

Im Gegensatz zu den Erzen ist bei der Genese von Industriemineralen kaum eine Vererbung, und somit Verdünnung der ursprünglichen Konzentration anzunehmen. Industrieminerale zeigen auch keine bevorzugte Bindung an die ältesten Krustenteile. Die nutzbaren Rohstoffvorkommen entstanden entweder erstmals gleichzeitig mit der Bildung oder der metamorphen Überprägung des Nebengesteins, durch Vulkanismus, oder durch jüngere physikalische (mechanische) und/oder chemische (hydrothermale) Umsetzung des Ausgangsgesteins. Bei den Industriemineralen sind daher durchaus günstige geologische Voraussetzungen gegeben.

Asbest: Wirtschaftlich bedeutende Asbestvorkommen sind an Ultrabasite gebunden. Ein weltweites Überangebot steht einer sinkenden Nachfrage auf Grund der kanzerogenen Eigenschaften entgegen. Asbestmineralisationen sind in Ultrabasiten der Böhmisches Masse bekannt. In den Ostalpen tritt Asbest einerseits in den Ultrabasitstöcken von Kraubath und dem Hochgrössen („*Chromit-Asbest-Magnesitbezirk Hochgrössen-Kraubath*“) auf. Im Penninikum bzw. der Rahmenzone des Tauernfensters sowie der Rechnitzer Schieferinsel sind in Serpentinittgesteinen Asbestmineralisationen bekannt. Abgesehen von der mangelnden Nachfrage wäre keines dieser Vorkommen als Hoffungsgebiet anzusprechen.

Baryt: Baryt tritt in den Ostalpen in mehreren metallogenetischen Bezirken auf: Im oberostalpinen Paläozoikum kommt dabei dem barytführenden „*Fahlerzbezirk Schwaz-Brixlegg*“ eine Bedeutung zu. Angesichts der Größe des Bezirkes ist es eher unwahrscheinlich, daß es sich beim Vorkommen am Großkogel/Brixlegg um ein einzigartiges isoliertes Einzelvorkommen handelt. Weitere Vorkommen sind durchaus zu erwarten. Inwieweit allerdings noch an eine Nutzung der intensiv bebauten Lagerstätte am Großkogel/Brixlegg gedacht werden kann, ist u. a. ein bergmännisches Problem.

Die Barytvorkommen des „*Barytbezirkes Kitzbühel (Hohe Salve-Einheit)*“ sind zwar fahlerzfrei und somit höherwertig, allerdings wegen der Lage in einem Fremdenverkehrsgebiet kaum nutzbar.

Die Barytvorkommen des „*Barytbezirkes Semmering*“ sind noch unzureichend erkundet und sind durchaus als Hoffungsgebiet zu bezeichnen. Auch die Barytmineralisationen der polymetallischen Lagerstätte von Oberzeiring sind keineswegs ausgeerzt. Sinnvoll erscheint jedoch nur eine Suche nach derartigen Rohstoffen in noch unverritzten Bereichen.

Die Baryte der Lagerstätten des „*Blei-Zink-Barytbezirkes Grazer Paläozoikum*“ sind auf Grund der Verwachsungen mit Sulfiden und Quarz für höherwertige Qualitätsansprüche kaum geeignet.

Bentonit (siehe Tone):

Graphit: In Österreich treten Graphitvorkommen einerseits im „*Graphitbezirk Bunte Serie*“, als auch im „*Graphitbezirk Veitscher Decke*“ auf. In der unter-

schiedlichen Genese sind auch die unterschiedlichen Qualitäten begründet. Hochwertige, C-reiche, Si und sulfidarme Graphite dürfen vor allem im „Graphitbezirk Veitscher Decke“ erwartet werden, wobei aber die Hoffnung auf größere Lagerstättenteile zufolge der örtlichen tektonischen Verhältnisse eher gering ist.

Feldspat: Wirtschaftlich bedeutende (monomineralische) Feldspatvorkommen sind zumeist an Pegmatite in Kristallinkomplexen gebunden. In den österreichischen Vorkommen würden auf Grund der Koexistenz von Kalifeldspäten und Plagioklasen und des oft engen Verwachsungsgrades beide Varietäten anfallen („Mischfeldspat“). Ausgesprochene Hoffungsgebiete für Kalifeldspäte bestehen nicht.

Dennoch dürfen die zahlreichen Pegmatitvorkommen des ostalpinen Kristallins keinesfalls als aussichtslos bewertet werden. Bei einer möglichst vollständigen Nutzung aller anfallenden Rohstoffe kann ausgewählten Pegmatiten des „Quarz-Feldspatpegmatitbezirkes Koralpe-Saualpe“, aber auch des „Quarz-Feldspatpegmatitbezirkes Liesergrneisserie“ eine Bedeutung beigemessen werden. Darüberhinaus können alterierte Grobgnase der Wechselserie als Hoffungsgebiet bezeichnet werden.

Flußspat: Kluftförmige Flußspatmineralisationen befinden sich im nördlichen Waldviertel, wo sie zu einem eigenen Bezirk zusammengefaßt worden sind. Keines dieser Vorkommen erreicht nur im entferntesten eine wirtschaftliche Bedeutung.

Die anisichen Gutensteiner Kalke sind wegen ihrer diskreten Flußspatführung bekannt. Die höchsten Anreicherungen von Flußspat finden sich jedoch in den kalkalpinen Blei-Zinkvererzungen der Nördlichen Kalkalpen und des Drauzuges. In der stark absetzigen und bisweilen regellosen Flußspatführung lag auch begründet, weshalb keine wirtschaftliche Nutzung der Flußspatanreicherungen erfolgte.

Die massivste Anreicherung von gangförmigem Flußspat befindet sich im Bereich der Achselalm im Hollersbachtal. Eine wirtschaftliche Bedeutung kann aber auch diesem Vorkommen kaum beigemessen werden.

Evaporite (Salz, Gips, Anhydrit): Auf der Metallogenetischen Karte ist recht deutlich zu erkennen, daß die Evaporitvorkommen der beiden Bezirke an der tektonischen Basis der kalkalpinen Decken bzw. den Deckenstirnen angeordnet sind. Während des Nordschubes der kalkalpinen Decken wirkten die an der Basis der Kalkalpen entwickelten evaporitführenden Sedimente reibungsmindernd und gaben so die Gleitbahnen vor. Es darf sogar behauptet werden, daß sich der extensive Deckenbau der Nördlichen Kalkalpen ohne die Mitwirkung des Haselgebirges nicht annähernd hätte bilden können.

Die Hoffungsgebiete sind somit einerseits faziell und andererseits tektonisch vorgegeben. Tatsächlich existieren Bereiche, in denen auch auf Grund geophysikalischer Daten die Existenz größerer Evaporitvorkommen sehr wahrscheinlich ist.

Unwahrscheinlich ist hingegen das Auftreten von Salzen eines reiferen Evaporationsstadiums wie z. B. Kalisalze. Dies ist vor allem darin begründet, daß während des Verdampfungsstadiums die Frischwasserzufuhr die Bildung der leicht löslichen Kalisalze nicht zuließ.

Die Bedeutung der Gips-Anhydritvorkommen des unterostalpinen „Evaporitbezirks Semmering-Mürztal“ ist als marginal einzustufen.

Glimmer: Hochwertige Glimmer treten vorwiegend in Pegmatiten auf. Im ostalpinen Kristallin sind im „*Quarz-Feldspatpegmatitbezirk Koralpe-Sauwalpe*“ durchaus Vorkommen von Glimmern zu erwarten, die aber nicht im entferntesten mit den klassischen Glimmerlagerstätten (Indien, Sri Lanka, Madagaskar usw.) vergleichbar sind. Von Hoffungsgebiet soll daher nicht gesprochen werden.

Kaolin: Vorkommen von Kaolin sind an bestimmte Granitareale gebunden, auf denen sich im Tertiär durch die tektonisch bedingte Kippung von Schollen Moore bilden konnten („*Kaolinbezirk Mühl- und Waldviertel*“). Die Existenz weiterer primärer Kaolinvorkommen ist zumindest nicht ausgeschlossen. Gleiches gilt auch für Kaolinvorkommen auf sekundärer Lagerstätte, die durch Zusammenschwemmen von primären Kaolinanreicherungen entstanden sind.

Hydrothermal entstandene Kaolinvorkommen, wie beispielsweise jene im tschechischen Anteil des Moldanubikums oder in Cornwall (gemeinsam mit Zinnstein!), sind in Österreich (bisher?) nicht bekannt.

Magnesit: Spatmagnesite sind an oberostalpine Paläozoika, wie die östliche Grauwackenzone („*Magnesit-[Talk]bezirk Veitscher Decke*“), die westliche Grauwackenzone („*Magnesitbezirk Hochfilzen*“, „*Magnesit-[Eisenkarbonat]bezirk Dienten*“), sowie das Grazer Paläozoikum („*Magnesitbezirk Grazer Paläozoikum*“), gebunden. Diese Lagerstätten liegen bemerkenswerterweise stets im unmittelbaren Nahbereich von tektonischen Linien.

Die bis in die jüngste Vergangenheit intensiv genutzte Spatmagnesitlagerstätte der Millstätter Alpe stellt ein bemerkenswertes Einzelvorkommen dar. Kryptokristalline Magnesite sind dagegen an ultrabasische Gesteine der Raabser Serie des Moldanubikums bzw. des zentralalpinen Kristallins der Ostalpen gebunden. In der unregelmäßigen Lagerstättenform mag begründet sein, daß diese qualitativ durchaus hochwertigen Vorkommen eine wirtschaftliche Nutzung nicht zulassen („*Magnesit-[Vermiculit]bezirk Dunkelsteiner Wald*“, „*Chromit-Asbest [Magnesit]bezirk Kraubath-Hochgrössen*“).

Nach wie vor können die Magnesitbezirke der oberostalpinen Paläozoika als Hoffungsgebiete für weitere Magnesitvorkommen angesehen werden.

Phosphate: Wirtschaftlich bedeutende Phosphatlagerstätten, wie sie beispielsweise im mediterranen Raum bekannt sind, fehlen in Österreich und dürfen auch nicht erwartet werden. Die Anreicherungen von Phosphatsanden in den Linzer Sanden sind aufgrund ihrer Dimension für eine wirtschaftliche Nutzung ungeeignet. Die Lazulithvorkommen des Wechselkristallins sowie des „*Evaporit-(Phosphat-)bezirkes Sulzau-Werfen*“ sind bestenfalls von wissenschaftlichem Interesse.

Zahlreiche kleine Vorkommen geringmächtiger Phosphoritlager sind im Helvetikum Vorarlbergs zu einem „*Phosphatbezirk Helvetikum Vorarlberg*“ zusammengefaßt worden. Vor allem in der geringen Größe der Einzelvorkommen ist begründet, diesen Bezirk nicht als Hoffungsgebiet auszuweisen.

Quarz, Quarzit, Quarzsand: Reiner Quarz tritt sowohl in Pegmatiten der Böhmisches Masse als auch den ostalpinen Kristallinabfolgen auf. Als Hoffungsgebiet kann beispielsweise der „*Quarz-Feldspatpegmatitbezirk Koralpe-Sauwalpe*“ angesehen werden.

Hochwertige Quarzite sind insbesondere im Unterostalpin des Semmeringgebietes weitverbreitet. Quarzsande von Glas- und Gießereiqualität werden in mehreren Tagbauen im „*Quarzsand-Tonbezirk der Melk-Formation s.l.*“ genutzt, wo ebenfalls noch zahlreiche Hoffnungsgebiete existieren.

Talk und Leukophyllit: Talklagerstätten können sich grundsätzlich dort bilden, wo magnesiumhaltige Ausgangsgesteine wie Dolomit, Magnesit oder div. Ultrabasite durch zirkulierende silikathaltige Lösungen umgesetzt werden können. Günstige Voraussetzungen hierfür sind im „*Magnesit-(Talk)bezirk Veitscher Decke*“ gegeben. Vor allem im (tektonisch überprägten) Randbereich von Magnesitkörpern sind Vertalkungen nicht selten. Bemerkenswerterweise liegt allerdings das größte und qualitativ hochwertigste Talkvorkommen (Lassing / Stmk.) in paläozoischem Dolomit, der von einer dominanten Störungszone durchsetzt wird. Mit der Existenz weiterer Talkvorkommen ist durchaus zu rechnen.

Auch im „*Talk-Leukophyllitbezirk ostalpines Altkristallin*“ können durchaus noch weitere wirtschaftlich interessante Vorkommen erwartet werden.

Demgegenüber kann den an Ultrabasitkörper gebundenen Talkvorkommen (z. B. Hirt) keine Bedeutung zugemessen werden, da sie auch Asbest führen können.

Tone (einschl. Bentonit): Vorkommen von Tonen unterschiedlichster Qualitäten sind an die Tertiärvorkommen sowie die quartären Talfüllungen gebunden. Hoffnungsgebiete existieren nahezu für alle erforderlichen Rohstoffqualitäten.

Die zahlreichen Bentonitvorkommen der Steiermark wurden zu einem „*Bentonitbezirk Steirisches Becken*“ zusammengefaßt. Obwohl durchaus noch weitere Vorkommen gefunden werden können, erschwert die auf engstem Raum stark variable Qualität und das Fehlen einer weiterverarbeitenden Industrie eine mögliche Nutzung.

Karbonatische Füllstoffe: Rohstoffe für karbonatische Füllstoffe sind vom Weißegrad des Ausgangsgesteins sowie dessen Kristallinität abhängig. Insbesondere die Marmorzüge, die im zentralalpinen Kristallin entwickelt sind, sind als Hoffnungsbereiche einzustufen.

Hämatit (Eisenglimmer): Da der Eisenglimmer nicht als Eisenerz, sondern als Industriemineral verwendet wird, erfolgt dessen Behandlung nicht im Kapitel Eisenerze.

Zahlreiche Hämatitvererzungen befinden sich in den Gesteinsabfolgen des zentralalpinen Kristallins. Auf Grund ihrer regionalen Verbreitung wurde unter 2 Bezirken unterschieden. Von diesen kommt dem „*Hämatit-(Eisenglimmer)bezirk Waldenstein*“ insofern eine Bedeutung zu, als in diesem nicht nur der z.Z. einzige Bergbau auf Eisenglimmer in Österreich umgeht, sondern in diesem Bezirk noch mit weiteren Vorkommen gerechnet werden darf. Die Vorkommen im „*Hämatit-(Eisenglimmer)bezirk Seetaler Alpen*“ sind durchwegs kleinräumig und infrastrukturell ungünstig gelegen.

Ölschiefer: Ölschiefer treten in den Nördlichen Kalkalpen in zwei unterschiedlichen Bezirken auf. Trotz der ungünstigen infrastrukturellen Gegebenheiten ist sowohl im Umfeld der einstmals bestehenden Ölschieferbergbaue („*Ölschieferbezirk Seefeld*“), als auch im Bereich des noch produzierenden Bergbaues Bächental („*Ölschieferbezirk Bächental*“) mit dem Auftreten weiterer Vorkommen zu rechnen.

Energierohstoffe (Braunkohle, Steinkohle, Erdöl, Erdgas):

Braunkohle: Braunkohlenvorkommen unterschiedlichen Alters sind in den intramontanen Tertiärbecken sowie in den Vorlandbecken der Alpen verbreitet. Aufgrund der regionalen Verbreitung sowie der unterschiedlichen stratigraphischen Position kann unter 23 Braunkohlenbezirken unterschieden werden.

Im den letzten 15 Jahren wurden die meisten dieser Braunkohlenvorkommen exploriert und bewertet (z. B. Langau-Geras, Zillingdorf-Neufeld, Lavanttal, Höll-Deutschschützen usf.), sodaß zwar eine Reihe von potentiell nutzbaren Braunkohlenvorkommen ausgewiesen werden konnten, weitere noch zu untersuchende Hoffungsbereiche aber nicht bekannt wurden.

Steinkohle: Steinkohlenvorkommen befinden sich u. a. in Karbonabfolgen, wobei ein Teil jedoch durch metamorphe Überprägung zu Graphit umgewandelt worden ist. Die verbliebenen Anthrazitvorkommen sind kleinräumig, tektonisch stark beansprucht und wirtschaftlich bedeutungslos („*Anthrazitbezirk Gurktaler Decke*“).

Die karnischen Steinkohlenvorkommen des „*Steinkohlenbezirkes Raibler Schichten*“ bzw. des „*Steinkohlen-(Glanzbraunkohlen) bezirkes Lunzer Schichten*“ sind vor allem zufolge ihres Einbaues in die kalkalpinen Deckenkomplexe stark zerstückelt. Die geringe Mächtigkeit und die Dimension geben zu keiner Hoffnung Anlaß. Gleiches gilt für die Liaskohlen des Helvetikums („*Stein-[Glanzbraun-]kohlenbezirk Lias-Grestener Schichten*“).

Im Zuge von KW-Bohrungen durchteufte, oft mehrere Meter mächtige Steinkohlenflöze liegen in einer Tiefe, die für eine wirtschaftliche Nutzung außerhalb jeder Reichweite stehen.

Kohlenwasserstoffe (KW): Die wirtschaftlich bedeutenden Erdöl- und Erdgasvorkommen können in zwei unterschiedliche Bezirke untergliedert werden: „*Kohlenwasserstoffbezirk oberösterreichische Molassezone*“ und „*Kohlenwasserstoffbezirk Wiener Becken*“.

Für die oberösterreichischen Vorkommen kommt dem oligozänen Schöneck-Fischschiefer als Muttergestein eine besondere Bedeutung zu. Diese Muttergesteine sind nördlich der Alpenfront unreif. Die KW-Bildung erfolgte daher i.w. unter dem ostalpinen Deckenkomplex seit dem Miozän und dauert offensichtlich noch an. Heute befindet sich das Ölfenster zwischen 4000 und 6000 m Tiefe. Seine Tiefenlage nimmt gegen Süden zu.

Als Speichergesteine fungieren fluviatile und marine, im Seichtwasser gebildete Sandsteine des Jura und der Kreide. Sowohl stratigraphische als auch tektonische Fallen spielen eine bedeutende Rolle. Speichergesteinsfunktion kommt auch bestimmten Dolomitabfolgen der Nördlichen Kalkalpen zu. Die Flyschabfolgen haben sich bisher sowohl mangels an Porosität als auch an geeigneten Strukturen als wenig hoffnungsvoll herausgestellt. Demgegenüber muß verschiedenen Gesteinen des Helvetikums eine besondere Bedeutung als Speichergestein zugemessen werden.

Aus den bereits zahlreichen Informationen aus Geologie und Geophysik können durch eine abermalige Auswertung mit modernen, verfeinerten Methoden noch neue Explorationstargets resultieren.

Auch im Wiener Becken besteht durchaus die Chance, durch die abermalige Auswertung bereits verfügbarer geophysikalischer Meßergebnisse mit neuen, modernen Methoden, weitere Lagerstätten zu identifizieren. Dies gilt sowohl für das 1. Stockwerk (tertiäre Beckenfüllung), das 2. Stockwerk (kalkalpiner Deckenkomplex) als auch das 3. Stockwerk (autochthones Mesozoikum und krist. Untergrund).

Als Muttergesteine fungieren Mergel des autochthonen Malms, untergeordnet Tone des Doggers und Mergel des Neokoms. Das organische Material der Muttergesteine wurde während der Überschiebung durch die alpinen Decken und vor allem während der Absenkung des Wiener Beckens reif. Heute liegt das Ölfenster zwischen 4000 und 6000 m Tiefe.

Keineswegs darf die KW-Höffigkeit des kristallinen Untergrundes ignoriert werden. Im zerklüfteten Kristallin des Moravikums wurde sogar ein kleines Ölvorkommen genutzt („Bohrung Stockerau N“). Das KW-Potential des kristallinen Untergrundes ist noch weitgehend unerkundet (WAGNER, L. & WESSELY, G. 1997).

Schlußfolgerung

Der überwiegende Teil der wirtschaftlich bedeutendsten Erzlagerstätten wurde im Präkambrium im Zuge der Konsolidierung der Alten Schilde gebildet. Diese großen und reichen Lagerstätten wurden kaum von lagerstättendestruktiven Ereignissen überprägt. Hingegen ist insbesondere die Erzführung der Orogene in vielen Fällen auf die Aufarbeitungen von Krustenmaterial während der Gebirgsbildungen und die damit verbundenen Mobilisationen von bereits existierenden Erzanreicherungen zurückzuführen. Zuzufolge der oft mehrfachen Mobilisation ist auch eine qualitative Differenzierung sowie eine Verarmung der jeweils jünger gebildeten Lagerstätten durch Verdünnung der Konzentration zu beobachten.

Zudem sind die „alpinen“ Lagerstätten in einen komplexen Deckenbau eingebunden, zeigen somit eine starke tektonische Beanspruchung. Die Konkurrenzfähigkeit dieser „alpinen“ Vorkommen ist verglichen mit den Lagerstätten der Alten Schilde bereits ressourcenseitig ungünstiger.

Wenngleich somit die Rohstoffhöffigkeit der Ostalpen oder der Böhmisches Masse bei weitem nicht an jene von Alten Schilden heranreicht, ergeben sich aus der sorgfältigen metallogenetischen Analyse durchaus noch eine Reihe von Hoffungsgebieten für die Existenz von Lagerstätten mineralischer Rohstoffe. Bemerkenswerterweise lassen sich im Bundesgebiet aus den über 200 identifizierten unterschiedlichen metallogenetischen Bezirken mehr Hoffungsgebiete von Industriemineralvorkommen (13) als von Erzen (6) identifizieren.

Im Vergleich zu den Großlagerstätten der Alten Schilde zwingt die starke tektonische Zerstückelung vieler Lagerstätten auch zu einer intensiveren und somit kostenaufwendigen Exploration. Auch hier sind im Vergleich zu den Großlagerstätten des Präkambriums Wettbewerbsnachteile gegeben. In den letzten Jahren wurden zwar zahlreiche Untersuchungsarbeiten an ostalpinen Vorkommen durchgeführt, viele aber bereits im Frühstadium abgebrochen worden, weil der vermeintliche Erfolg nicht „sofort“ absehbar war. Auf diese Weise sind aber mitunter wegen des anscheinenden Mißerfolges auf viele Jahre weitere Untersuchungen erschwert worden („Legendenbildung“).

Lagerstätten sind mitunter Danaer-Geschenke der Natur. Ihre Existenz alleine genügt noch lange nicht, die Industrie mit Rohstoffen zu versorgen. Die bloße Produktion von Rohstoffen oder die Erzeugung und der Weiterverkauf von Konzentraten sind volkswirtschaftlich nicht sehr sinnvoll, da die maximale Wertschöpfung erst in der Verarbeitung der Rohstoffe zu hochwertigen und intelligenten Produkten liegt. Das Vorhandensein einer weiterverarbeitenden Industrie im Inland und weltweite Vermarktung von intelligenten Produkten zur Maximierung der Wertschöpfung ist ebenso unerlässlich wie das Vorhandensein einer ausreichenden Rohstoffbasis.

Die hohen Lohn- und Nebenkosten, verbunden mit steigenden Kosten für Umweltschutzauflagen sind Hauptgründe dafür, daß sich der Bergbau aus westlichen Industrieländern zunehmend in Entwicklungs- oder Schwellenländer verlagert.

Zu Beginn der 70er Jahre wiesen Dennis MEADOWS und Mitarbeiter in ihrem Bericht an den Club of Rome hin, daß bei verschiedenen Rohstoffen eine baldige Verknappung zu befürchten sei. Eine der zentralen Aussagen, daß „... *Silber, Zink und Uran selbst bei sehr hohen Preisen noch in diesem Jahrhundert knapp werden...*“ bzw. „... *es nicht mehr viel Gebiete gibt, in denen die Suche nach Mineralien noch sinnvoll ist...*“, wurde in vielfacher Hinsicht deutlich widerlegt. Durch den Einsatz modernster Prospektionsmethoden und Strategien ist es gelungen, wirtschaftlich bedeutende Großlagerstätten zu finden und nutzbar zu machen. Hier soll beispielsweise auf die Neuentdeckung der z. T. extrem reichen Uranlagerstätten in Saskatchewan verwiesen werden, deren Erzkörper mit ca 15 % U_3O_8 Durchschnittsgehalt (!) und 250 Mio Pfund an Vorräten völlig neue Überlegungen über die Abbaumöglichkeit notwendig machten (LEHNERT-THEL, K. 1988).

Auch die Entdeckung der Scheelitlagerstätte Mittersill, die zu den größten der westlichen Welt zählt, mag als Beispiel dafür herhalten, daß es auch heute noch möglich ist, große und reiche Lagerstätten – auch in geologisch gut durchforschten Bereichen wie den Ostalpen – aufzufinden. Aus lagerstättenkundlichen Überlegungen sind vielmehr kleine Vorkommen zu erwarten. Hier sind die Bergleute gefordert, Lösungen für eine wirtschaftliche Nutzung von Kleinlagerstätten auszuarbeiten („Kleinbergbau“).

Handlungsbedarf besteht jedoch vor allem beim Schutz von erkannten Rohstoffvorkommen in der Raumordnung. Der in den Raumordnungsgesetzen verankerte Lagerstättenschutz ist vielfach nur eine bloße Absichtserklärung. Angesichts der Seltenheit und der Standortgebundenheit von Lagerstätten zeigt die Nichtberücksichtigung natürlicher Ressourcen mangelnde Weitsichtigkeit.

Uneingeschränkt gilt auch heute der Ausspruch des Dichters und Naturforschers Johann Wolfgang von Goethe, der auch als Minister für Bergbau in Weimar diente: „*Bergbau ist nicht eines Mannes Sache*“. Der Geowissenschaftler kann wesentlich dazu beitragen, mit Hilfe von Geologie, Geochemie und Geophysik die Prospektionsarbeiten effizienter zu gestalten. Nur so wird es auch dem Bergbau-techniker möglich sein, optimale Lösungen für die Nutzbarmachung der Rohstoffvorkommen auszuarbeiten. Je gründlicher ein Rohstoffvorkommen schließlich untersucht ist, desto besser kann der Lagerstättenbereich auch in der Raumordnung gegenüber alternativen Nutzungsansprüchen verteidigt werden.

Erläuterung ausgewählter Begriffe

Alte Schilde (Kratone): Präkambrische, aus zahlreichen alten Faltsystemen zu einem starren Kristallinkomplex verschmolzene Bereiche der Erdkruste, die seit dem Präkambrium nur mehr eine Vertikalbewegung erfahren haben.

Chalkogenese: Erzbildung i.w.S.

Geosynklinale: Mobiler, in Senkung begriffener Teil der Erdkruste, der mit Sedimenten ausgefüllt wird, aus dem durch spätere tektonische Einengungsvorgänge ein Gebirge (Orogen, s.d.) entsteht.

Greenstone-Belts: Weitanhaltende, aus basischen und ultrabasischen vulkanischen Gesteinen aufgebaute Bereiche innerhalb von Alten Schilden.

Hydrothermen: Metallhaltige wässrige Lösungen, aus denen Vererzungen hervorgehen.

Kraton: Siehe Alter Schild.

Lamprophy: Basisches Ganggestein.

Metamorphose: Durch Einwirkung von Druck und Temperatur hervorgerufene Veränderung von Gesteinen bei gleichzeitiger Neubildung von Mineralen ohne Stoffzufuhr.

Mobilisation: Durch chemische und/oder physikalische Vorgänge hervorgerufene Anlösung eines Mineral-(Erz-)altbestandes und darauffolgender Wiederabsatz von Metallen/Erzmineralen unter den aktuellen physikochemischen Rahmenbedingungen.

Oligopol: Besondere Form eines Monopols, bei dem der Markt nur von wenigen Anbietern beherrscht wird.

Orogen: Aus einer Geosynklinale (s.d.) zu einem Gebirge aufgefaltete mobile Zone der Erdkruste.

Porphyrische Lagerstätte: Diffuse, imprägnationsartige Anreicherung von Erzen in sauren Tiefengesteinen.

Seifenlagerstätten: Aus der mechanischen Verwitterung von Gesteinen (insbesondere von Erzlagerstätten) hervorgegangene Schwermineralanreicherung.

Skarn: Erzhaltiges Gestein, welches im Kontaktbereich von sauren Tiefengesteinen mit Kalkgesteinen durch (Kontakt-)Metamorphose entstanden ist.

Subduktion: Unterschiebung von Teilen der Erdkruste („Platten“) unter höher gelegene Krustanteile bei gleichzeitiger Aufschmelzung der unterschobenen Bereiche in großen Tiefen.

Geostratigraphische und geochronologische Zeitskala
(vereinfacht, nach: IUGS, Global Stratigraphic Chart, 1989)

in Mio Jahren			
	Quartär	1,6	
Känozoikum	Tertiär	Pliozän	5,3
		Miozän	23
		Oligozän	36,5
		Eozän	53
		Paläozän	65
Mesozoikum	Kreide	Oberkreide	95
		Unterkreide	135
	Jura	Oberjura	152
		Mitteljura	180
		Unterjura	205
	Trias	Rhät	210
		Nor	220
		Karn	230
		Ladin	236
		Anis	240
	Skyth	250	
Paläozoikum	Perm	Oberperm	260
		Unterperm	290
	Karbon	Oberkarbon	325
		Unterkarbon	355
	Devon	Oberdevon	375
		Mitteldevon	(385)
		Unterdevon	410
	Silur		440
	Ordovic	Oberordovic	455
		Unterordovic	510
Kambrium		570	
Präkambrium	Proterozoikum	1200	
	Archaikum	2600	

Ausgewählte und weiterführende Literatur

- CERNY, I. & SCHROLL, E. (1994): Blei-Zink-Rohstoffe sowie mit diesen assoziierte Nebenelemente (Spezialmetalle) in Österreich. – in: STERK G. (ed.): Rohstoffe für neue Technologien. – Österr. Akad. Wiss., Schriftenreihe Erdwiss. Komm., 11, 65–69, Wien.
- CERNY, I. & SCHROLL, E. (1995): Heimische Vorräte an Spezialmetallen (Ga, In, Tl, Ge, Se, Te und Cd) in Blei-Zink und anderen Erzen. – Arch. f. Lagerst. forsch. Geol.B.-A., 18, 5–33, Wien.
- EICHHORN, R. (1995): Isotopengeochemische und geochemische Untersuchungen an Gesteinen und Mineralen der Scheelit-Lagerstätte Felbertal (Land Salzburg, Österreich). – Münchner Geol. Hefte, 15, 1–78, München.
- EVANS, A. M. (1992): Erzlagerstättenkunde. – 356 S., Enke, Stuttgart.
- GÖD, R. (1994): Geogene Arsengehalte außergewöhnlichen Ausmaßes in Böden nördlich der Saualpe – ein Beitrag zur Diskussion um Grenzwerte in Böden. Berg- u. Hüttenmänn. Mh., 139, 442–448, Wien.
- GÖD, R. & HEISS, H. (1997): Die Arsenanomalie Feistritz am Wechsel. – Arch. f. Lagerst. forsch. Geol. B.-A. (im Druck).
- LEHNERT-THIEL, K. (1988): Exploration for high grade uranium deposits in the Athabasca Basin, Canada, a most recent and exciting development. – in: FETTWEIS, G. B., WEBER, F. & WEISS, A. (ed.): Bergbau im Wandel, 174–183, Akad. Druck- u. Verlagsanst., Graz, Verlag Glückauf, Essen.
- MEADOWS, D. et al. (1993): Die Grenzen des Wachstums. – Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit. – 180 S., Rowolt, Reinbeck/Hamburg.
- POHL, W. (1992): W. & W. E. Petrascheck's Lagerstättenlehre. – 4. Aufl., 504 S., Schweizerbart, Stuttgart.
- THALMANN, F., SCHERMANN, O., SCHROLL, E. & HAUSBERGER, G. (1989): Geochemischer Atlas der Republik Österreich 1:1 Mio. – Geol.B.-A., Wien.
- WAGNER, L. & WESSELY, G. (1997): Exploration Opportunities. – In: Bundesmin. f. wirtschaftl. Angelegenheiten & Geol. B.-A., (ed.): Hydrocarbon Potential and Exploration Opportunities in Austria. – 19–33, Wien.
- WEBER, L. (ed.): Handbuch der Lagerstätten der Erze, Industriemineralien und Energierohstoffe Österreichs. – Erläuterungen zur Metallogenetischen Karte 1:500 000. – Arch. f. Lagerst. forschung Geol. B.-A., 19, Wien, 1997.

Anschrift des Verfassers:

MR Univ.-Doz. Dr. Leopold WEBER
Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten
Oberste Bergbehörde
Landstraßer Hauptstraße 55–57
A-1030 Wien