

Schlüsselwörter

Ostalpen

Paläozoikum

Metallogenese

Terranektonik

Metallogenese im Norischen Composite Terrane der Ostalpen

FRITZ EBNER¹

2 Abbildungen, 1 Tabelle

Inhalt

Abstract	117
Zusammenfassung	117
1. Einleitung	117
2. Das Norische Composite Terrane (NCT) – Geschichte und regionale Verbreitung	118
3. Das Norische Composite Terrane und seine Mineralisationen	118
3.1 Mineralisationen des Terrane- (Rift-, Drift-, Akkretions-)Stadiums	118
3.2 Mineralisationen in syn- und postkinematischen variszischen Granitoiden	123
3.3 Mineralisationen in post-variszischen Overstepsedimenten	123
4. Post-variszische (epigenetisch/hydrothermale) Mineralisationen in Gesteinen des NCT	123
5. Schlußfolgerungen	124
Literatur	125

Zusammenfassung

Auf Datenbasis der Metallogenetischen Karte Österreichs wird das vor-alpidische Norische Composite Terrane (NCT) der Ostalpen als eigenständige metallogenetische Einheit definiert. Für prä-oberordovicische Grundgebirgseinheiten sind syngenetische Cu-Fe/Pb-Zn-Vererzungen in Bereichen magmatischer Bögen und assoziierter Becken für das Keltische Terrane und Cr-Mineralisationen für das ophiolithische Speik Terrane charakteristisch. Im NCT werden vor allem syngenetische Buntmetallvererzungen im Zusammenhang mit alkali-basaltischem Vulkanismus in der Loslösungs- (Rift)-Phase von Gondwana gebildet. Die in devonischen Karbonatgesteinen weit verbreiteten Siderit- und Magnesitmineralisationen sind Gegenstand kontroversieller genetischer Interpretationen. In der post-akkretionären alpidischen Geschichte werden in Gesteinsbereichen des bei der variszischen Konsolidierung seine Terrane-Eigenständigkeit verlierenden NCT epigenetisch/hydrothermale Vererzungen angelegt, die nicht mehr zur metallogenetischen Definition des NCT herangezogen werden dürfen. Sie beinhalten jedoch viele Informationen über die post-akkretionäre (alpidische) Geschichte des NCT.

Metallogenesis in the Noric Composite terrane of the Eastern Alps**Abstract**

The pre-Alpine Noric Composite terrane (NCT) of the Eastern Alps will be defined as a particular metallogenetic unit based on data of the metallogenetic map of Austria. In pre-Upper Ordovician basement terranes syngenetic Cu-Fe-Pb-Zn mineralizations were formed in magmatic arcs and arc-related environments in the Celtic terrane and Cr-mineralizations in the ophiolitic Speik terrane. The NCT is dominated by syngenetic base metal concentrations, which were linked to alkali-basaltic volcanism related to a Silurian/Devonian rifting stage during the separation of this terrane from Gondwana. Siderite and magnesite hosted in Devonian carbonatic complexes are subjects of controversial genetic interpretations. The individual history of the NCT ended during Variscan continent collision. A great number of epigenetic/hydrothermal mineralizations were formed in domains of the former NCT during the post-accrionary Alpine cycle. These can not be used to define the metallogenetic peculiarity of the NCT but they provide information about the Alpine history of the pre-Alpine NCT.

1. Einleitung

Das Erkennen von Terranes und ihrer Akkretionsmechanismen bei Krustenkonsolidationen brachte im letzten Jahrzehnt wesentliche Fortschritte bei der Rekonstruktion von Orogenen. Neben ausführlichen Definitionen (HOWELL, 1989; KEPPIE & DALLMEYER, 1990) kann ein Terrane kurz als eine allochthone

Einheit interner geologischer Kontinuität bezeichnet werden, die durch Störungen oder Suturen von Einheiten mit nicht vergleichbarer geologischer Geschichte abgegrenzt ist. Neben anderen Merkmalen ist somit auch der metallogenetische Inhalt eines Terranes zur Charakterisierung seiner Selbstständigkeit heranzuziehen. Dies soll beispielhaft für das prä-alpidi-

Anschrift des Verfassers

¹ Univ.-Prof. Dr. Fritz EBNER, Institut für Geowissenschaften, Montanuniversität, A-8700 Leoben, Austria

sche Norische Composite Terrane (NCT) der Ostalpen versucht werden.

Von der Gesamtheit der Mineralisationen in Gesteinen eines ehemaligen Terranes können für die Terranecharakteristik allerdings nur jene verwendet werden, die dem eigentlichen Terrane-(Rift-, Drift- und Akkretions-)Stadium entstammen. Die Metallogenie vor der Abspaltung eines Terranes (prä-Riftstadium) ist ein wichtiges Indiz für die Herkunft eines Terranes, da im Sinne von W. E. PETRASCHECK (1968) ursprünglich zusammenhängende Lagerstättenprovinzen durch plattentektonische Prozesse in Bereiche aufgespalten wurden, die dann in mehreren Terranes auftreten können. Post-akkretionäre Lagerstättenbildungen im Zusammenhang mit Nahtplutonen (Stitching plutons) und in Overstepsedimenten (Decksedimente über aneinandergeschweißten Terranekörpern) sind für die eigentliche Terranecharakteristik nicht verwendbar. Sie liefern jedoch, ebenso wie junge epigenetisch/hydrothermale Mineralisationen, wichtige Informationen über die post-akkretionäre Geschichte eines Terranes.

Die lagerstättenkundliche Basis für die gegenständliche Be trachtung ist die Metallogenetische Karte Österreichs mit den dazugehörigen Erläuterungen (WEBER, 1997 a, b) sowie zusammenfassende Darstellungen zur Eingliederung der ostalpinen Lagerstätten in den regionalgeologisch/geodynamischen Rahmen (POHL, 1984; KÖPPEL et al., 1993; EBNER, 1997, 1998 a, b; POHL & BELOCKY, 1999). Die Definition der einzelnen metallogenetischen Bezirke (Tab. 1) ist von WEBER (1997 a, b) übernommen. Weiters sei auch auf die dortige umfassende lagerstättenkundliche Literaturzusammenstellung verwiesen. Die Lage der in Tab. 1 ausgewiesenen metallogenetischen Bezirke in den Ostalpen ist andeutungsweise in Abb. 1 dargestellt. Abb. 2 zeigt ihre Position innerhalb des NCT und ihren Bildungszeitpunkt.

Anlaß vorliegender Arbeit ist, dass im wissenschaftlichen Lebenswerk von H. W. FLÜGEL der faziellen und biostratigraphischen Gliederung des kaum bis gering metamorphen ostalpinen Paläozoikums, das einen Großteil des NCT einnimmt, ein Schwerpunkt einzuräumen ist. H. W. FLÜGEL hat somit maßgeblich zur Definition der geologischen Eigenständigkeit dieses Terranes beigetragen. Im Erkennen eines ursprünglich zusammengehörenden Ablagerungsraumes trug H. W. FLÜGEL aber auch wesentlich zur lithostratigraphischen Gliederung des im NCT inkludierten Altkristallins bei. Mit der Definition einer Norisch-bosnischen Zone wird er aber auch der über den Ostalpenraum hinausgehenden Verbreitung und Bedeutung dieser Einheit im Grundgebirge der Alpin-mediterranen Faltenketten gerecht (FLÜGEL 1975, 1990).

2. Das Norische Composite Terrane (NCT) – Geschichte und regionale Verbreitung

FRISCH & NEUBAUER (1989) ordnen einen Großteil der ostalpinen prä-alpidischen Grundgebirgseinheiten dem Norischen Composite Terrane zu. Dieses besitzt mit dem Keltischen (ehemalige magmatische Bögen) und dem Speik Terrane (Back-arc Ophiolithe) zwei jüngstpräkambrisch/ältest paläozoische Grundgebirgseinheiten, die bei der cadiomisch/panafrikanischen Orogenese an den Nordrand Gondwanas angegliedert wurden. Im Laufe des Paläozoikums löste sich dieses Krustensegment von Gondwana, driftete nach Norden und wurde im finalen Kollisionsstadium der variszischen Orogenese an Europa angegliedert. Begleitet wird dieses Konsolidationsstadium von weitverbreiteten granitischen Intrusionen. Damit endet die selbstständige Geschichte des NCT.

Nach der Ablagerung permokarboner Overstepsedimente gehört am Beginn des alpidischen Zyklus das ehemalige NCT am Nordrand der Tethysbucht einem einheitlichen Schelfbereich an. Dieser wird durch spätere Riftprozesse zerlegt, nach Subduktion des penninischen und Meliata-Ozeans in den ostalpinen Decken gestapelt, im Tertiär in der Endphase der alpidischen Orogenese durch die Indentation der Apulischen Platte auf das europäische Vorland aufgeschoben und zuletzt von weitgreifender Extensions- und Escape-Tektonik betroffen.

Die komplexe geodynamische Geschichte der Ostalpen mit ihren prä-alpidischen und alpidischen plattentektonischen Bewegungen ist gesamtheitlich oder in Einzelepisoden in folgenden Arbeiten dargestellt: KAZMER & KOVACS (1985), FRISCH & NEUBAUER (1989), NEUBAUER & GENSER (1990), RATSCHBACHER et al. (1991), FRISCH (1991), FRISCH & LOESCHKE (1993), NEUBAUER (1994), EBNER et al. (1996), NEUBAUER et al. (1998).

Regionale Verbreitung des NCT:

Im Bereich der Ostalpen gehören dem NCT die klassischen oberostalpinen Paläozoika (Grauwackenzone/Norische Dekke; Grazer und Gurktaler Paläozoikum), die klassischen ostalpinen Quarzphyllitzen (Landdecker, Innsbrucker, Wagrainer, Gailtal-, Goldeck-Kreuzeck, Thurntaler Quarzphyllit) und die Glimmerschiefer/Marmorkomplexe des mittelostalpinen Kristallins an. Weiters enthält es mit dem Keltischen und Speik Terrane noch zwei prä-oberordovizische Basiseinheiten, die mit Ausnahme der o.g. Glimmerschiefer/Marmorkomplexe und des Koralm/Saulam- und Bundschuhkristallins das gesamte übrige mittelostalpine Kristallin (sensu TOLLMANN, 1977) einnehmen. Silvretta-, Ötzta/Stubaier-Kristallin, die Zone der Alten Gneise südlich des Tauernfensters und die Kerneinheiten des Gleinalm-Stubalm Zuges gehören dabei zum Keltischen Terrane. Das Speik Terrane ist auf Bereiche des Glein-Stubalpenzuges, des Hochgrößen und Kleinbereiche der Ötztauer Alpen beschränkt.

In der nachfolgenden Darstellung des NCT wird auf Literaturzitate zur geologischen Charakteristik der einzelnen Teilbereiche verzichtet. Zusammenfassende Literaturangaben dazu finden sich für den Gesamtbereich bei EBNER (1997), für das klassische ostalpine Paläozoikum bei FLÜGEL (1975, 1990), SCHÖNLÄUB & HEINISCH (1993) und LOESCHKE & HEINISCH (1993), für die ostalpinen Quarzphyllitzen bei NEUBAUER & SASSI (1993), die Kristallingebiete der Silvretta bei MAGGETTI & FLISCH (1993), das Ötzta/Stubaier Kristallin bei HOINKES & THÖNI (1993), das Altkristallin südlich des Tauernfensters bei SCHULZ et al. (1993) und das ostalpine Kristallin östlich des Tauernfensters bei NEUBAUER & FRISCH (1992, 1993).

3. Das Norische Composite Terrane und seine Mineralisationen

In der Folge wird versucht, einzelnen geodynamischen Entwicklungsstadien spezifische Mineralisationen zuzuordnen. Die angegebenen Literaturzitate beziehen sich in erster Linie auf Arbeiten, über die eine Zuordnung der Mineralisationen zu bestimmten geotektonischen Stadien möglich ist. Sonst sei bei der lagerstättenkundlichen Literatur auf WEBER (1997 b) verwiesen.

3.1 Mineralisationen des Terrane- (Rift-, Drift-, Akkretions-) Stadiums

Wie bei FRISCH & NEUBAUER (1989) dargestellt war das NCT ursprünglich am Nordrand Gondwanas angesiedelt. Es ent-

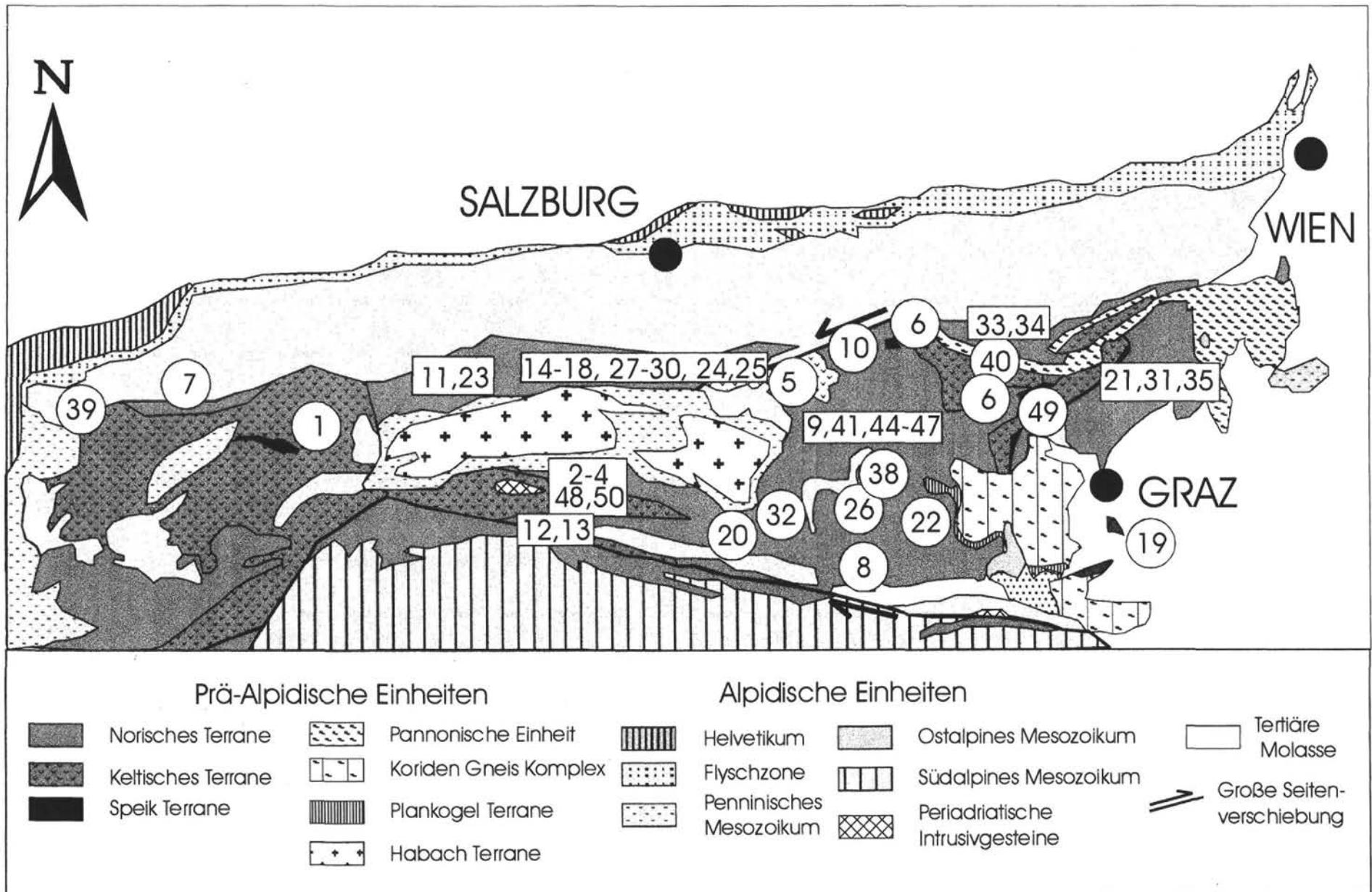


Abb. 1

Die Verbreitung des Norische Composite Terrane und seiner Mineralisationen in den Ostalpen. Geologisches Kärtchen abgeändert nach FRISCH & NEUBAUER (1989) und NEUBAUER et al. (1998). Nummern entsprechen den in Tab. 1 genannten metallogenetischen Bezirken. Syn- bis postkollisionale variszische Granitoide sind nicht ausgeschieden.

Tab. 1

Metallogenetische Bezirke (WEBER, 1997 a, b) in Gesteinsarealen des Norischen Composite Terranes der Ostalpen (p.: Teile dieses Bezirk werden auch post-akkretionären Bildungsprozessen zugeordnet; ? stark diskutierte Zuordnung; ?? Gnese z. T. ungeklärt). Wertstoffe werden nur dann angeführt, wenn sie aus dem Namen nicht hervorgehen.

Keltisches Terrane

- 1 Polymetallischer Cu-Fe-Zn-Pb-Erzbezirk Stubai-Ötztal
- 2 p. Erzbezirk Deferegger Alpen („Koriden“) (As, Fe, Pb, Zn, W)
- 3 p. Erzbezirk Deferegger Alpen („Muriden“) (Cu, Fe, As, W)
- 4 Erzbezirk „Massive Kieserzlager“ Kreuzeckgruppe (Fe, As, Cu, Pb, Zn, Ag, Au)
- 5 p. Polymetallischer Erzbezirk Schladminger Tauern (Pb, Zn, Cu, Fe, Ag, Ni, Sb, As, Bi, Co)

Speik Terrane

- 6 Chromit-Asbest-Magnesitbezirk Kraubath-Hochgrößen

Norisches Terrane

- 7 ? Polymetallischer Cu-Fe-Zn-Pb-Erzbezirk Arlberger Phyllitgneiszone
- 8 Polymetallischer Erzbezirk Mittelkärntner Altkristallin (Pb, Zn, Fe, Cu, Ba)
- 9 Blei-Zink Lagerstätte Ramingstein (Cu, Ag, Ba)
- 10 Kieserzlagerstätte Walchen/Öblarn (Fe, Cu, Pb, Zn, As, Ag)
- 11 Golderzbezirk Zell/Ziller (As, Cu, Pb, Zn)
- 12 Wolframerzbezirk Gumriau (As, Fe, Cu)
- 13 Kieserzbezirk Villgraten (Fe, Cu, As, Pb, Zn)
- 14 Kupfererzbezirk Röhrerbühel-Kitzbühel (Sb, As, Hg)
- 15 Kupfer-Eisenerzbezirk Jochberg-Einheit
- 16 Kupfererz-(Magnesit-)Bezirk Hohe Salve Einheit (Fe, Pb, Zn, Hg, Sb)
- 17 Kieserzbezirk Zell/See-Radstadt-Mandling (Fe, Cu, Pb, Au)
- 18 p. Kupfererzbezirk Mitterberg-Mühlbach-Larzenbach (Fe)
- 19 Roteisenbezirk Sausal
- 20 Quecksilberlagerstätte Stockenboi
- 21 Blei-Zink-Barytbezik Grazer Paläozoikum
- 22 Blei-Zinkerzbezirk Meiselding
- 23 Magnesit-Schleelitbezirk Tux
- 24 Magnesit-(Eisenkarbonat-)Bezirk Dienten
- 25 Eisenerzbezirk Wagrain/Flachau
- 26 Wolframit-Scheelitevorkommen Mallnock
- 27 Fahlerzbezirk Schwaz/Brixlegg (Cu, Fe, Sb, Hg, As, Ba)
- 28 Barytbezik Kitzbühel (Hohe Salve Einheit)
- 29 p. Polymetallischer Cu-Ni-Co-Hg-Ag Bezirk Leogang
- 30 Magnesitbezirk Hochfilzen (Hohe Salve Einheit)

- 31 Magnesitbezirk Grazer Paläozoikum
- 32 Magnesitlagerstätte Radenthein
- 33 ? Eisen-(Kupfer)Erzbezirk Norische Decke
- 34 ? Sideritlagerstätte Steirischer Erzberg
- 35 Quecksilbererzbezirk Grazer Paläozoikum
- 36 ?? Blei-Zinkerzbezirk Vellach-Metnitz (Ba)
- 37 ?? Polymetallischer Erzbezirk Schwabegg-Ruden (Cu, Fe, Ag, Hg, Sb)

Postvariszische Overstepsedimente

- 37 Anthrazitbezirk Gurktaler Decke (Turrach)
- 38 Kupfererzbezirk postvariszische Transgressionsserien Montafon und Arlberg (Fe, Hg, Sb, Au)
- 39 Uranerzbezirk Liesing-Paltental (Cu)

Im Zusammenhang mit syn- postkinematischen variszischen Granitoiden

- 40 Spodumenpegmatitbezirk Wölzer Tauern

Alpidisch epigenetisch/hydrothermale Vererzungen

- 42 Sideritbezirk Schwazer Augengneis (Cu, As, Pb, Zn)
- 33 Eisen- (Kupfer)Erzbezirk Norische Decke
- 34 Sideritlagerstätte Steirischer Erzberg
- 18 p. Kupfererzbezirk Mitterberg-Mühlbach-Larzenbach (Fe)
- 5 p. Polymetallischer Erzbezirk Schladminger Tauern (Pb, Zn, Cu, Fe, Ag, Ni, Sb, As, Bi, Co)
- 43 Polymetallischer Erzbezirk Wölzer Tauern (Fe, Pb, Zn, Cu, Ag, Ba)
- 44 Golderzbezirk Pusterwald (As, Fe)
- 45 Golderzbezirk Flatschach-Knittelfeld (Cu, Fe, As)
- 46 Golderzbezirk Kliening-Kothgraben (As, Cu, Fe, Pb)
- 47 p. Hämatit- (Eisenglimmer-) Bezirk Seetaler Alpen
- 48 Antimon-(As, Au, Pb, Cu-) sowie Au-As Erzbezirk Kreuzeck-Goldeckgruppe
- 49 Talk/Leukophyllitbezirk Ostalpines Altkristallin
- 6 p. Chromit-Asbest-Magnesitbezirk Kraubath-Hochgrößen

Im Zusammenhang mit Periadiatischen Intrusivgesteinen

- 3 p. Erzbezirk Deferegger Alpen („Muriden“): Cu, Fe, As, W
- 50 Silbererzbezirk Kreuzeck-Goldeckgruppe

hält zwei metamorphe Basis-Terranes (Keltische und Speik Terrane), die in prä-spätordovizischer Zeit zusammengeschlossen wurden, und eine oberordovizische bis karbone Overstepsequenz (Norische Gruppe).

Keltisches Terrane

Das keltische Terrane setzt sich aus spät-präkambrischen/ältest paläozoischen bimodalen Meta-Magmatiten und Metasedimenten zusammen, die an einem aktiven Kontinentalrand oder in ensialischen Inselbögen gebildet wurden. Plagioklasgneise sind die vorherrschenden Gesteine. Sie enthalten im prä-metamorphen Zustand eine kalkalkalische Suite von Basalt, Andesit, Dazit und Rhyodazit. Als Alter wird spätes Präkambrium bis mittleres Ordovicum angenommen, obwohl lediglich kambrische Alter nachgewiesen sind. Detritische Zirkone wiesen auf ein präkambrisches Liefergebiet der Metasedimente; früh-proterozoische und archäische Memories in magmatischen Zirkonen weisen auf Recycling älterer kontinentaler Kruste. Innerhalb des frühen bis mittleren Ordoviums erfolgten erste hochgradige Metamorphoseereignisse, denen im mittleren und späten Ordovicum zahlreiche granitische Intrusionen nachfolgten.

Lagerstätten in Gesteinen dieser Entwicklungen finden sich in erster Linie im Ötztal/Stubaier Kristallin, in den Deferegger

Alpen und der Kreuzeckgruppe südlich des Tauernfensters sowie dem Schladminger Kristallin. Der polymetallische Cu-Fe-Zn-Pb-Erzbezirk Stubai-Ötztal ist dabei durch stratiforme Sulfidvererzungen gekennzeichnet, die in Paragneisen zu liegen kommen. Ihre syngenetische Bildung steht im Zusammenhang mit tholeiitischem Basaltvulkanismus (Cu, Fe) und saurem Magmatismus (Zn, Pb) (VAVTAR, 1988).

Auch südlich des Tauernfensters wird das Keltische Terrane aus polymetamorphen Paragneisen und Glimmerschiefern mit bimodalen magmatischen Einschlüpfungen aufgebaut. Die Mehrheit der polymetallischen Mineralisationen des nördlich gelegenen Erzbezirks Deferegger Alpen („Muriden“; Cu, Fe, As, W) und des südlich gelegenen Erzbezirks Deferegger Alpen („Koriden“; As, Fe, Pb, Zn, W) treten stratiform und materialkonkordant auf. Für sie ist ebenso eine Bindung an magmatische Ereignisse anzunehmen wie für den Erzbezirk Massive Kieserzlager Kreuzeckgruppe (mit Pyrit, Magnetkies mit schwankendem Bunt- und Edelmetallgehalt) (REIMANN & STUMPFL, 1981, 1985; WALLNER & PROCHASKA, 1983). Die Benennung der metallogenetischen Bezirke der Deferegger Alpen geht noch auf die Auffassung von TOLLMANN (1977) zurück, der für das Altkristallin südlich des Tauernfensters ähnlich den Verhältnissen in der Kor- und Saualpe an die tektonische Auflagerung einer höchstgradig metamorphen süd-

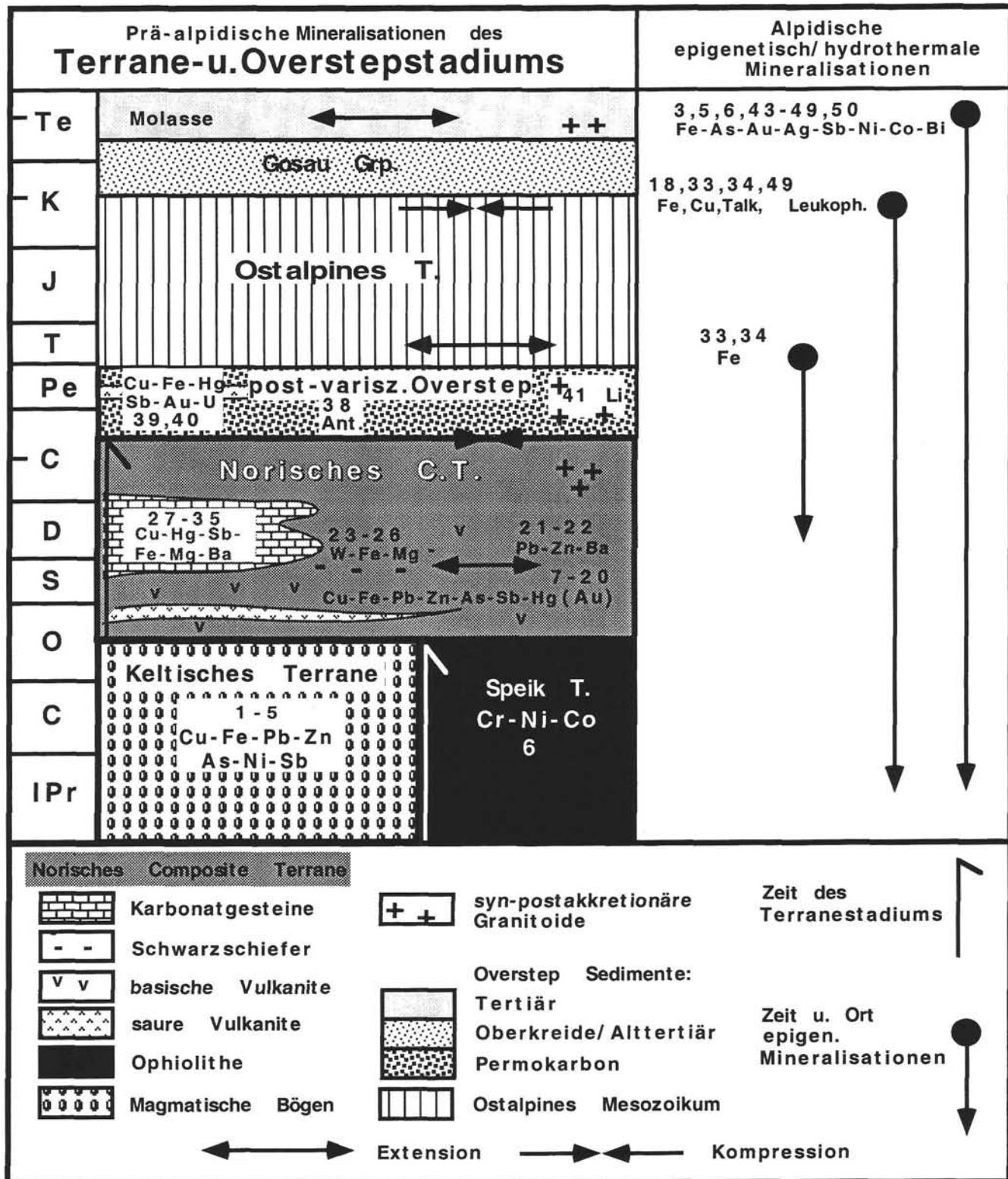


Abb. 2

Charakteristische Mineralisationen im Norischen Composite Terrane.

Die Nummern beziehen sich auf die metallogenetischen Bezirke in Tab. 1, deren Lage schematisch in Abb. 1 gezeigt wird.

lichen Einheit („Koriden“) auf einer mittelgradig metamorphen nördlichen Einheit („Muriden“) glaubte. Diese Einheiten sind heute mit dem MPU-Komplex bzw. AMU-Komplex sensu SCHULZ et. al. (1993) zu parallelisieren.

Östlich des Tauernfensters ist das Keltische Terrane im Bereich des Gleinalpenzuges auffallend frei von Vererzungen. Ein Vererzungszentrum ist jedoch der polymetallische Erzbe-

zirk Schladming mit komplexen, genetisch und altersmäßig fünf verschiedenen Vererzungstypen (FRIEDRICH, 1967, 1969, 1975). Zumindest für einen Teil der schichtig ausgebildeten Vererzungen (Ag-reiche Pb/Zn-Vererzungen vom Typus Eschach, Roßblei, Bromriese, Eiskar; Ag-führende Kupferkies- und Fahlerz-Vererzungen vom Typus Krombach; verschiedene schlierige Pyrit- und Kupferkies-Vererzungen) ist an

eine primäre Stoffzufuhr im Zusammenhang mit bimodalem alkalischem Magmatismus im Bereich eines magmatischen Bogens bzw. auch in lokalen Riftzonen zu denken (SCHEDL, 1981).

Speik Terrane

Das Speik Terrane ist eine stark gestörte ophiolithische Sequenz, die mit Ausnahme der Sheeted Dykes alle dafür diagnostischen Merkmale besitzt. Die Geochemie von Granatamphiboliten deutet auf Basalte eines Back arc-Bereichs (NEUBAUER et al., 1989). Eine erste Deformation, die im Ordovicium bei der Obduktion auf das Keltische Terrane erfolgte, wurde später durch mittel- bis hochgradige karbone und gering- bis mittelgradige kretazische Metamorphoseprozesse verschleiert.

Typisch Ophiolith-bezogene Mineralisationen sind nur aus dem Chromit-Asbest-Magnesitbezirk Kraubath-Hochgrößen bekannt. Die kleinerräumigen Chromit-Vererzungen sind schließlig oder disseminiert an Metaultrabasite (Dunit, Klinopyroxenit, Bronzitit) gebunden. Feinverteilt findet sich Kupferkies und Pentlandit. Interessant sind auch Pt-Pd-Rh-Sulfarsenide und Arsenide (EL AGEEED et al., 1979; THALHAMMER & STUMPFL, 1988). Der zusätzlich für die Benennung dieses mineralogenetischen Bezirks maßgebliche Magnesit wurde im Tertiär entlang von Störungszonen durch Einwirkung CO₂-reicher Fluide gebildet.

Norisches Composite Terrane

Das NCT war mit seinen Basiseinheiten zunächst dem Nordrand Gondwanas vorgelagert. Für seine weitere Geschichte wird eine Loslösung von Gondwana in einer silurisch/frühdevonischen Riftphase und eine nachfolgende Norddrift bis zu seiner Akkretion an Europa im Karbon angenommen. Im Kollisionsstadium wurden weite Teile mittelgradig metamorph (mittelostalpine Glimmerschiefer/Marmorkomplexe), während andere Bereiche nur gering (ostalpine Quarzphylliteinheiten) oder kaum/nicht (klassische ostalpine fossiliführende Paläozoikumsvorkommen) metamorph wurden. Einige karbone I- und S-Typ Granitintrusionen begleiteten das Kollisionsgeschehen (FINGER et al., 1992).

Die metallogenetische Besonderheit dieser Einheit wird durch die Abspaltung vom Nordrand Gondwanas und vorhergehende Rift-Phänomene geprägt. Dieses geotektonische Environment erzeugte ein Extensions-Regime für das alkalischer basaltischer Intraplattenvulkanismus kennzeichnend war. Im späten Silur und frühen Devon ist dabei zusätzlich ein euxinisches Schwarzschiefermilieu weit verbreitet, im Devon entwickeln sich passive Kontinentalränder mit örtlichen Karbonatplattformen, die Träger bedeutender Vererzungen sind. Ihre Genese ist z. T. Gegenstand intensiver Diskussionen.

Erzmineralisationen in den Glimmerschiefer-Komplexen wurden, wie durch ihre stoffkonkordante Lagerung, Graphit- und Mo-Gehalt angezeigt wird, in einem vulkanosedimentären und oft euxinischen Milieu gebildet. Vorherrschend sind teilweise Ag-reiche sulfidische Pb/Zn (Cu, Fe)-Mineralisationen (Polymetallischer Erzbezirk Mittelkärntner Alt-kristallin; Pb/Zn-Lagerstätte Ramingstein).

Im Radentheiner Glimmerschiefer befindet sich auch die Spatmagnesitlagerstätte der Millstätter Alpe. Sie liegt in einer ehemaligen vulkanogen beeinflussten Sediment-Abfolge, in der der Spatmagnesit-Lagerstättenzug in teilweise euxinischen Becken und Evaporit Milieus gebildet und prä-alpidisch amphibolitfaziell metamorph umgeformt wurde (TUFAR, 1997).

Sulfidische Vererzungen finden sich auch in der Phyllitegneiszone nördlich der Silvretta-Masse (Polymetallischer Cu-

Fe-Zn-Pb-Erzbezirk Arlberger Phyllitegneiszone). Aufgrund einer angenommenen Verbindung beider Einheiten kann die Phyllitegneiszone auch als Teil des Norischen Terranes angesehen werden. S-parallele Lagen werden als syngenetisch interpretiert. Gänge, die in ac-Lage den variszischen Faltenbau durchschneiden, werden aufgrund ihrer amphibolitfaziellen über den alpidischen Metamorphosegrad hinausgehenden Überprägung als syn- bis spätvariszisch angesehen (VAVTAR, 1988).

Eine besondere Entwicklung innerhalb der Wölzer Glimmerschiefer ist die Schwarze Serie, eine Gesteinsassoziation mit Amphiboliten, Quarziten und Metaschwarzschiefern, die in mittlerer Position in den Glimmerschiefern auftreten. Eingeschaltet darin sind Kalksilikatgesteine und auch Turmalinit mit bemerkenswerter Scheelit-Führung. Die primäre W- und B-Anreicherung wird auf sedimentär exhalative Prozesse rückgeführt. Die heute vorliegenden Mineralisationen (Reaktionskarne mit Karbonaten, Gänge) wurden dann bei nachfolgenden Metamorphoseprozessen geschaffen (NEINAVAE et al., 1985; RAITH, 1988).

Teile des NCT werden von den klassischen ostalpinen Quarzphyllitzonen (Innsbrucker, Landecker, Wagrainer, Ennstaler, Gailtaler, Goldeck/Kreuzeck, Thurntaler Quarzphyllit) eingenommen. Sie werden als Sedimente eines Back arc-Bereiches über cadiisch/panafrikanisch metamorphosierter kontinentaler Kruste angesehen (NEUBAUER & SASSI, 1993).

Die Mineralisationen sind in den Phyllitarealen eher einförmig und durch primäre stoffkonkordante Erzmetallanreicherungen in vulkanosedimentären Gesteinsabfolgen gekennzeichnet. Fe-Vererzungen erscheinen als Linsen (innerhalb der Landecker und Innsbrucker Quarzphyllite) oder als metasomatische Körper in silurischen Karbonaten (Eisenerzbezirk Wagrain/Flachau). Stratiforme Scheelit-Mineralisationen sind weit verbreitet und oft im Nahbereich basischer Vulkanite, ober-silurisch/unterdevonischer Schwarzschiefer und Magnesite (z. B. Magnesit-Scheelitbezirk Tux; RAITH et al., 1995).

Vulkanosedimentäre polymetallische (Fe-, Cu-, Pb-, Zn-, As-, bisweilen W-) Mineralisationen sind häufig im Thurntaler (Woframer-Bezirk Gumriau; Kieserzbeizirk Villgraten) und Ennstaler Quarzphyllit (z. B. Kieserz-Lagerstätte Walchen/Öblarn), jedoch relativ selten im Innsbrucker Quarzphyllit. In letzterem sind genetisch unterschiedliche Mineralisationen im Ordovicium durch Sb, im Silur durch As und W im Zeitraum späten Silur und frühen Devon dominiert (HADITSCH & MOSTLER, 1982).

Entlang des Drauzuges sind Hg-Mineralisationen an Phyllit/Glimmerschieferkomplexe gebunden. Die stratiforme Hg-Lagerstätte von Stockenboi, die mit Quarziten und Phylliten assoziiert ist, geht auf altpaläozoische Ausfällungen niedrigtemperierter Hydrothermen im marinen Bereich zurück, die später durch Metamorphoseprozesse überprägt wurden (SCHULZ, 1969; LAHUSEN, 1972).

Im Paläozoikum von Graz und der Gurktaler Decke sind (Ag-reiche) Pb/Zn-Vererzungen weit verbreitet. Im Blei-Zink-Baryt Bezirk Grazer Paläozoikum sind diese submarin hydrothermal entstandenen Lagerstätten (Meggen-Typ) an obersilurisch/unterdevonische, alkali-basaltisch beeinflusste Schwarzschieferfolgen gebunden. Die räumliche Verbreitung der Vorkommen wird durch „3rd order basins“ und die Paläomorphologie des Meeresgrundes (Becken- Schwellenkonfiguration) vorgezeichnet. Baryt ist dabei an besser durchlüftete Liegengebiete und Schwellenkonfigurationen gebunden (WEBER, 1990).

Schichtkonkordant sind auch die Vererzungen im Blei-Zink-Erzbezirk Meiselding der Gurktaler Decke. Diese unterscheiden sich aufgrund ihrer lagerartigen Form von den tektonisch kontrollierten Gangvererzungen des Blei-Zinkerzbezirks Vel-lach Metnitz.

Unklar ist die Genese von Spatmagnesiten im Magnesitbezirk Grazer Paläozoikum. Sie sind hier an vulkanogen beeinflusste Einheiten pelagischer Kalke und klastischer Gesteine der Laufnitzdorf-Einheit gebunden.

Kleinräumige Konzentrationen oxidischer und karbonatischer Eisenerze sind im Grazer Paläozoikum, dem Sausal und der Gurktaler Decke meist in lagerartiger Form an basische vulkanische Gesteine gebunden. Hg-Mineralisationen erscheinen im Grazer Paläozoikum innerhalb mitteldevonischer Kalke, im Gurktaler Paläozoikum sind sie an vulkanogen beeinflußte und karbonatische Abfolgen gebunden.

In der Grauwackenzone (Norische Decke) beginnt die Schichtfolge innerhalb des Ordoviums. Sie setzt sich aus Schiefern, basischen Vulkaniten, oberordovizischen Porphyroiden und lokal entwickelten silurisch/devonischen Karbonatgesteinen zusammen. Im Westen endet die Schichtfolge im tieferen Spätdevon mit Karbonatgesteinen, im Osten mit dunklen Schiefern des Zeitraums Visé/Namur (SCHÖNLAUB & HEINISCH, 1993).

In der westlichen Grauwackenzone sind zahlreiche lagerartige sulfidische Buntmetall-Mineralisationen an basisch vulkanogen beeinflußte Schieferfolgen gebunden (Kupfererzbezirk Röhrerbühel/Kitzbühel; Kupfereisenerzbezirk Jochberg: in Verbindung mit Eisenkarbonaten und Roteisenstein vom Lahn Dill Typ; Kieserzbezirk Zell/See-Radstadt-Mandling in Form linsiger, pyritreicher Cu (Pb, Zn, (Au) VMS-Vererzungen; Cu-Lagervererzungen im Mitterberger S-Revier).

Zahlreiche kleine schichtkonkordante Cu-, Fe-, Ni-, Co-, Pb-, Zn-, Hg-Mineralisationen sind im Kupfererz-(Magnesit) Bezirk Hohe Salve-Einheit an Graphit- und Chloritphyllite gebunden. Teilweise wurden sie auch in darüberliegenden Dolomiten und entlang tektonischer Bewegungsbahnen angereichert (SCHERMANN et al., 1992).

Fahlerz, Baryt und Magnesit treten in devonischen Karbonatgesteinsskomplexen auf. Die Bildung Ag-reicher Fahlerze wird im Fahlerzbezirk Schwaz – Brixlegg in unterdevonenen Dolomiten im Zusammenhang mit devonischen Hydrothermen gesehen. Die komplexen Paragenesen des polymetallischen Cu-Ni-Co-Hg-Ag-Bezirks Leogang kommen in obersilurischen bis oberdevonenen karbonatischen und z. T. vulkanogen beeinflußten Beckensedimenten zu liegen. Die Primärvererzungen sind dabei schichtkonkordant ausgebildet. Zusätzlich komplizieren Erzbrekzien eines variszischen Paläokarstes wie auch variszische und alpidische Mobilisationen das Vererzungsmuster (PAAR & CHEN, 1985; LENGAUER, 1988; PAAR et al., 1989). Die im Raum Brixlegg (gemeinsam mit Fahlerz) und zwischen Kitzbühler Horn und Fieberbrunn auftretenden Vorkommen von Baryt (z. T. grobspätiger Blütenspat) werden mit devonischen Hydrothermen in Zusammenhang gebracht, die extern zu sedimentären schichtparallelen Anlagerungen wie auch syndiagenetisch zur Ausbildung diskordanter Vererzungen führten (MOSTLER, 1970; GSTREIN, 1984; SCHULZ, 1986; FRIMMEL, 1989).

Ausgedehnt sind im Magnesitbezirk Hochfilzen in silurischen und devonischen Karbonatgesteinen stratiforme und untergeordnet auch diskordante Vererzungskörper. Deformierte und post-kinematische Texturen weisen auf mehrphasige Mineralisationen, bei denen die Mg-Herkunft und Anreichungsprozesse ungeklärt sind (MOREANI, 1989; SCHULZ & VAVTAT, 1989). Für lagen- und linsenförmige Vererzungskörper im Magnesit (Eisenspat-)Bezirk Dienten, die schichtgebunden über einer obersilurischen Wechselfolge von Dolomiten, Kalken und Kieselschiefern auftreten, wird eine diagenetische Mg-Anreicherung mit metasomatischem Stoffaustausch angenommen (SCHULZ, 1986).

In der östlichen Grauwackenzone führen im Eisen-(Kupfer-)Erzbezirk Norische Decke silurisch/devonische Karbonatgesteine („Erzführende Kalke“) neben zahlreichen kleinen Eisenspatvorkommen auch die größte Sideritlagerstätte Europas, den Steirischen Erzberg. Die Genesemodelle sind vielseitig und kontroversiell. Neben sedimentärer Herkunft, in denen für die Fe-Herkunft (bei jüngeren Mobilisationen und Rekristallisationen) u. a. auch vulkanogene Quellen diskutiert werden (BERAN, 1979 a, b; SCHULZ et al., 1997), versucht PROCHASKA (1998 b) neue Befunde aus dem Cl/Br-Verhältnis für die ebenfalls seit langer Zeit diskutierten metasomatisch/epigenetischen Bildungsbedingungen der mineralisierenden Fluide abzuleiten.

3.2 Mineralisationen in syn- und postkinematischen variszischen Granitoiden

Die variszische Krustenkonsolidation wird durch die Intrusionen syn- bis postkinematischer Granite begleitet. Diese erfolgte schwerpunktmäßig im Unterkarbon in penninischen, unterostalpinen und untergeordnet auch in Bereichen des NCT (z. B. Seckauer Tauern, Gleinalpe, Wölzer Tauern) (FINGER et al., 1992). An diese Intrusionen sind im NCT keine signifikanten Vererzungen gebunden. Ein spätes granitisches Ereignis dokumentiert sich im ostalpinen Kristallin durch weit verbreitete permische Pegmatite, die im Spodumenpegmatitbezirk Wölzer Tauern zur Ausbildung von Spodumenpegmatiten führten. Diese sind in schieferungs- und stoffkonkordanten wie auch teilweise diskordanten Gängen ausgebildet. Sie werden als hochdifferenzierte Bildungen granitischer Schmelzen angesehen, deren Verbindung zu einem „Muttergranit“ unbekannt ist (MALI, 1993).

3.3 Mineralisationen in post-variszischen Overstepsedimenten

Die Overstep-(Molasse) Sedimentation setzt nach der variszischen Terraneakkretion im NCT über der Gurktaler Decke und in der Steinacher Decke mit Anthrazit führenden intramontanen Molassessedimenten im Stephan in einem Strike-Slip Regime ein (KRAINER, 1993). Im Unterperm folgen nach einem signifikanten Klimawechsel kontinentale Red Beds mit Einlagerungen saurer Vulkanite (Drauzug, Montafon) bzw. ihren Aufarbeitungsprodukten. Im Montafon werden einige fein disseminierte Au-führende Kupfermineralisationen (Kupfererzbezirk postvariszische Transgressionsserie Montafon und Arlberg) genetisch mit diesen rhyodazitischen Gesteinen in Zusammenhang gebracht. Weiters finden sich dort im Unterperm lagerartige Siderit-, Ankerit-, Fahlerz-, Kupferkies-Vererzungen (HADITSCH & MOSTLER, 1986; HADITSCH & KRAINER, 1993).

Bereichsweise setzt die post-variszische Overstep-Sedimentation über variszisch höher metamorphen Anteilen des NCT (? Mittelperm bis Skyth) mit quarzitischen Sedimenten und Quarzporphyroiden bzw. deren Detritus (Alpiner Verrucano) ein. An die Quarzite sind im Uranerzbezirk Palten-Liesingtal linsenförmige U/Cu-Mineralisationen gebunden.

4. Post-variszische (epigenetisch/ hydrothermale) Mineralisationen in Gesteinen des NCT

An der Permoskyth-Grenze etabliert sich im gesamten ostalpinen Bereich ein voll mariner Ablagerungsraum. Damit und

den bereits im Oberperm einsetzenden ersten Rift-Erscheinungen („Haselgebirgsrift“) setzt der alpidische Zyklus ein. Das NCT hat damit seine geologische und auch metallogenetische Selbstständigkeit verloren. Es ist zu einem Bestandteil des ostalpinen Bereichs geworden.

Im Bereich des NCT wurden während der alpidischen Orogenese zahlreiche epigenetisch/hydrothermale Mineralisationen gebildet. Sie liegen zwar in Gesteinseinheiten des NCT, haben mit der eigenständigen Metallogenie dieses Terranes jedoch nichts mehr zu tun, da die Terranephase des NCT mit der variszischen Krustenkonsolidation endete. Da diese epigenetisch/hydrothermalen Mineralisationen mit bestimmten geodynamischen Ereignissen der alpidischen Orogenese in Zusammenhang stehen, sind sie wertvolle Informanten über die alpidische Geschichte des NCT. Wesentlich für diese alpidischen, epigenetisch/hydrothermalen Vererzungsprozesse sind verschiedenzeitig gebildete Fluide, Metamorphoseprozesse und das unterschiedliche tektonische (kompressive oder extensionale) Regime (PROCHASKA, 1993; POHL, 1993; POHL & BELOCKY, 1994, 1999; FRANK & WEBER, 1997).

In Fluiden mit hohen Br-Gehalten, deren Na/Cl- und Cl/Br-Verhältnis dem Evaporationstrend mariner Wässer folgt, sieht PROCHASKA (1998 b, 1999) eventuell evaporitische Brines, die im Zuge permoskythischer Riftingprozesse zu Mineralisationen führen könnten. Er diskutiert in diesem Zusammenhang auch die Siderit-Mineralisationen der Grauwackenzone.

Zwei weitere Fluid-Familien wurden in syn- bis spätogenetischen Phasen der alpidischen Orogenese generiert (POHL, 1993; POHL & BELOCKY 1994, 1999). In der Kreide wurden nahe dem Metamorphosehöhepunkt synorogene Fluide mit hoher Salinität freigesetzt. Diese werden als Ergebnis einer metamorphen Devolatilisierung aus subduzierten penninischen Gesteinen angesehen. Im Tertiär, im spät-orogenen extensionalen Escape-Stadium der Ostalpen, wurden dagegen CO₂-reiche, gering bis mäßig salinare Fluide nach dem „retrograde leaching“-Modell gebildet. Diese Fluidzellen, die entlang tiefreichender Strörungszonen zirkulierten, zeichnen sich auch durch die Mischung von Oberflächen- und metamorphogenen Tiefenwässern aus (PROCHASKA, 1993; POHL, 1993; POHL & BELOCKY, 1994; FRANK & WEBER, 1997).

Die Gangvererzungen im Kupfererzbezirk Mitterberg-Mühlbach-Larzenbach (mit dem bekannten Mitterberger Hauptgang) und die Siderit-Gangvererzung des Schendlecks (Grauwackenzone) werden nach POHL (1993) und POHL & BELOCKY (1994) mit der synorogenen kretazischen Fluidgeneration in Zusammenhang gebracht. Im Kristallin des NCT wurden entlang von Scherzonen Gneise durch hydrothermale Fluidtätigkeit kurz nach dem kretazischen Metamorphosehöhepunkt zu Leukophyllit umgeformt (PROCHASKA, 1998a cum lit.).

Epigenetische Eisenvererzungen, z. T. Mobilivate alter Metallkonzentrationen, sind in den Ostalpen weit verbreitet. Die Problematik der Siderit-Genese in der Grauwackenzone wurde bereits angesprochen. Im Siderit Bezirk Schwazer Augengneis werden Sideritgänge als syntektonisch zum alpidischen Deckentransport angesehen (WENGER, 1979, 1983). Hydrothermale Fluidzirkulation entlang von Störungszonen in Glimmerschiefer-/Marmorkomplexen war vermutlich auch ausschlaggebend für den polymetallischen (Fe, Pb, Zn, Pb, Ba) Erzbezirk Wölzer Tauern (mit Zentrum um Oberzeiring). Hämatit-(Eisenglimmer-) Vererzungen im Raum Großsölk – St. Nikolai sind ebenfalls hydrothermale Gangbildungen (PROCHASKA, 1997).

Im polymetallischen Erzbezirk von Schladming treten Cu (Co/Ni)-Erze im Nahbereich diaphthoritischer alpidischer Strukturen und Ni-, Co-, Bi-, Ag-Erze in querschlägigen Exten-

sionsklüften auf. Diese werden als Mobilisationen alter metallischer Konzentrationen aus Gesteinen des ehemaligen vorvariszischen Inselbogensystems erklärt (FRIEDRICH, 1967, 1969, 1975; SCHEDL, 1981).

Südlich des Tauernfensters existieren zahlreiche Gang-Mineralisationen, die ebenfalls als alpidische Mobilivate alter Metallkonzentrationen vor-oberordovizischer Gesteine anzusehen sind [Sb-(As, Au-, Pb, Cu-), sowie Au-As-Erzbezug Kreuzeck-Goldeckgruppe; MALI, 1996, cum lit.; WEBER, 1997 b].

In den östlichen Zentralalpen, die intensiv von der tertiären Escape-Tektonik betroffen wurden, finden sich in den kristallinen Gesteinen des NCT zahlreiche Au-führende Arsenkiesgänge, deren Genese im Zusammenhang mit störungskontrolliertem, tertiären Fluiddurchsatz zu sehen ist (Golderzbeziehungen Pusterwald; Flatschach-Knittelfeld; Kliening-Kothgraben).

Die periadriatische Lineament-Zone an der Grenze zu den Südalpen ist im Tertiär zuletzt durch dextral erfolgende Seitenverschiebungen und im Oligozän durch die Intrusion der periadriatischen Intrusivgesteinskomplexe gekennzeichnet (SPRENGER, 1996). An dieses magmatische Ereignis sind nur wenige spezifische Erzmineralisationen gebunden. Lediglich im Silbererzbezug Kreuzeck-Goldeckgruppe finden sich in Gesteinen des Keltischen Terranes Ag-reiche Gangmineralisationen, die im Zusammenhang mit den periadriatischen Intrusionen stehen können (FEITZINGER et al., 1995). Weiters erscheinen im Erzbezug Defereggener Alpen („Koriden“) polymetallische Mineralisationen z. T. als Mobilivate und Skarnerzbildungen im Zusammenhang mit den periadriatischen Intrusionen.

5. Schlußfolgerungen

- * Das NCT zeichnet sich innerhalb der Ostalpen neben anderen geologischen Besonderheiten auch durch eine eigenständige Metallogenie aus. Die im Terrane-Stadium gebildeten Mineralisationen werden von der geodynamischen Position der einzelnen Einheiten bestimmt. Vielfach wurden diese Primärerreicherungen bei nachfolgenden tektono/thermischen Ereignissen mobilisiert.
- * In prä-oberordovicischen Gesteinsabfolgen finden sich im Keltischen Terrane syngenetische Fe-, Cu-, Pb-, Zn-Vererzungen im Bereich magmatischer Bögen und assoziierter Becken sowie Cr-Mineralisationen im ophiolithischen Speik Terrane.
- * Das NCT ist durch extensionale Tektonik verbunden mit alkali-basaltischem Vulkanismus bei der Loslösung von Gondwana (spätes Silur/frühes Devon) und ein passives Kontinentalrandstadium bis zur variszischen Kollision kennzeichnet. Typisch sind mit dem Vulkanismus syngenetisch entstandene Buntmetallvererzungen (Cu, Pb, Zn, Ba) und kleinräumige Wolfram-Mineralisationen im zeitlich/räumlichen Nahbereich eines obersilurisch/unterdevonischen Schwarzschiefer-Events. Hydrothermale Tätigkeiten führten im Devon innerhalb karbonatischer Komplexe (z. B. westliche Grauwackenzone) zu Fahlerz- und Baryt-Mineralisationen. Die Genese von Eisenspat- und Spatmagnesitlagerstätten, die an devonische Karbonatkomplexe gebunden sind, bilden nach wie vor Gegenstand intensiver Diskussionen.
- * Mineralisationen in Verbindung mit variszischen, syn- bis post-tektonischen granitischen Intrusionen sind bis auf Spodumenpegmatite in den Wölzer Tauern unbekannt.
- * In post-variszischen Overstepsedimenten finden sich nur kleinräumige Anthrazitvorkommen, wenige Au-führende

- Buntmetallvererzungen im Nahbereich unterpermischer, ryodazitischer Gesteine und U/Cu-Mineralisationen in permoskythischen Quarziten.
- * Mit der variszischen Krustenkonsolidation endet die Eigenständigkeit des NCT. Es ist zu einem Bestandteil des ostalpinen Grundgebirges geworden. Im Laufe der alpidischen Orogenese werden in ehemaligen Gesteinsdomänen des NCT verschiedenzeitig durch Fluidzirkulationen, die z. T. auch alte Metallkonzentrationen mobilisierten, zahlreiche epigenetisch/hydrothermale Mineralisationen gebildet.
 - * Metallogenetische Interaktionen zwischen Gesteinskörpern des NCT und den oligozänen periadriatischen Intrusivgesteinen treten nur vereinzelt auf.

Dank

Der Autor dankt zwei unbekannten Begutachtern und Univ. Prof. Dr. V. Höck für Korrekturen und ergänzende Hinweise, die in die Arbeit aufgenommen wurden.

Literatur

- BERAN, A., 1979 a: Die Stellung der Ankeritgesteine im Rahmen der Genese von Sideritlagerstätten der östlichen Grauwackenzone. – TMPM, 26, 217-233.
- BERAN, A., 1979 b: Die Mineralogie von Ankeriten und Sideriten des Steirischen Erzberges und der Radmer. – Verh. Geol. B.-A., 1978, 237-239.
- EBNER, F., 1997: Die geologischen Einheiten Österreichs und ihre Rohstoffe. – In: WEBER, L. (Ed.), 1997 b: Handbuch der Lagerstätten der Erze, Industriemineralien und Energierohstoffe Österreichs. – Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., 19, 49-229.
- EBNER, F., 1998 a: Die Entwicklungsgeschichte der Ostalpen und ihre Beziehung zu den Lagerstätten. – BHM, 143, 209-214.
- EBNER, F., 1998 b: Terranes of the Eastern Alps and their specific mineralizations. – Spec. Publ. Geol. Soc. Greece, 3, 140-154.
- EBNER, F., NEUBAUER, F. & RANTITSCH, G., 1996: Terrane characteristics of Southeastern Europe. – In: KNEZEVIC, V. & KRISTIC, B. (eds.): Terranes of Serbia, 41-47, Belgrade.
- EL AGEED, A., SAAGER, A. & STUMPFEL, E. F., 1979: The Hochgrößen Ultramafic Rocks and Associated Mineralizations, Rottenmann Tauern, Austria. – Verh. Geol. B.-A., 1979, 187-196.
- FETZINGER, G., PAAR, W. H., TARKIAN, M. et al., 1995: Vein type Ag-(Au)-Pb, Zn, Cu-(W, Sn) mineralization in the Southern Kreuzeck Mountains, Carinthia Province, Austria. – Mineral. Petrol., 53, 307-332.
- FINGER, F., FRASL, G. & HAUNSCHMID, B. et al., 1992: Late Variscan Plutonism in the Eastern Alps. – ALCAPA Field Guide, 37-45, Graz (IGP/KFU).
- FLÜGEL, H. W., 1975: Einige Probleme des Variszikums von Neo-Europa. – Geol. Rdsch., 64, 1-64.
- FLÜGEL, H. W., 1990: Das voralpine Basement im Alpin-Mediterranen Belt – Überblick und Problematik. – Jb. Geol. B.-A., 133, 181-221.
- FRANK, W. & WEBER, L., 1997: Lagerstättbildung im Zusammenhang mit Metamorphosevorgängen. – In: WEBER, L. (Ed.), 1997 b: Handbuch der Lagerstätten der Erze, Industriemineralien und Energierohstoffe Österreichs. – Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., 19, 542-544.
- FRIEDRICH, O. M., 1967: Monographie der Erzlagerstätten bei Schladming. – Arch. f. Lagerst. forsch. Ostalpen, 5, 80-130.
- FRIEDRICH, O. M., 1969: Monographie der Erzlagerstätten bei Schladming. 2. Teil. – Arch. f. Lagerst. forsch. Ostalpen, 9, 107-130.
- FRIEDRICH, O. M., 1975: Monographie der Erzlagerstätten bei Schladming. III. Teil. – Arch. f. Lagerst. forsch. Ostalpen, 15, 29-63.
- FRIMMEL, H., 1989: Einsatzmöglichkeiten der Strontium-Methode in der Lagerstättengeologie am Beispiel der Barytlagerstätte Kogel/Brixlegg (Tirol). – Arch. f. Lagerst. forsch. Geol. B.-A., 11, 127-146.
- FRISCH, W., 1991: Terranes. – Geographie und Schule, 73, 13-20.
- FRISCH, W. & LOESCHKE, J., 1993: Plattentektonik (3. Aufl.). – Erträge der Forschung, 236, 243 S., Darmstadt (Wissenschaftl. Buchges.).
- FRISCH, W. & NEUBAUER, F., 1989: Pre-Alpine terranes and tectonic zoning in the Eastern Alps. – Geol. Soc. Amer., Spec. Pap., 230, 91-100.
- GSTREIN, P., 1983: Über mögliche Umlagerungen von Fahlerzen im devonischen Schwazer Dolomit wie auch der angrenzenden Schwazer Trias. – Schriftenreihe Erdwiss. Komm. Österr. Akad. Wiss., 6, 65-73.
- HADITSCH, J. G. & KRAINER, K., 1993: Permoskythische Sandsteinvererzungen aus den Ost- und Südalpen Österreichs. – Arch. f. Lagerst. forsch. Geol. B.-A., 16, 13-28.
- HADITSCH, J. G. & MOSTLER, H., 1982: Zeitliche und stoffliche Gliederung der Erzvorkommen im Innsbrucker Quarzphyllit. – Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, 12, 1-40.
- HADITSCH, J. G. & MOSTLER, H., 1986: Jungalpidische Kupfervererzungen im Montafon (Vorarlberg). – Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, 13, 277-296.
- HOINKES, G. & THÖNI, M., 1993: Evolution of Ötztal-Stubai, Scarl-Campo and Ulten Basement Units. – In: RAUMER, J. F. v. & NEUBAUER, F. (eds.): Pre-Mesozoic Geology in the Alps, 485-494, Berlin int. (Springer).
- HOWELL, D. G., 1989: Tectonics of Suspect Terranes. – 232 S., London, Glasgow, New York, Tokyo, Melbourne, Madras (Chapman & Hall).
- KAZMER, M. & KOVACS, S., 1985: Permian-Paleogene paleogeography along the eastern part of the Insubric-Periadriatic Lineament system: evidence for continental escape of the Bakony-Drauzug Unit. – Acta Geol. Hung., 28, 69-82.
- KEPPIE, J. D. & DALLMEYER, R. D., 1990. – Introduction to terrane analysis and the tectonic map of pre-Mesozoic terranes in circum-Atlantic Phanerozoic orogens. – IGCP Meeting 233, Abstr., Göttingen.
- KÖPPEL, V., NEUBAUER, F. & SCHROLL, E., 1993: Pre-Alpidic Ore Deposits in the Central, Eastern and Southern Alps. – In: RAUMER, J. F. v. & NEUBAUER, F. (eds.): Pre-Mesozoic Geology in the Alps, 145-162, Berlin int. (Springer).
- KRAINER, K., 1993: Late and Post-Variscan Sediments of the Eastern and Southern Alps. – In: RAUMER, J. F. v. & NEUBAUER, F. (eds.): Pre-Mesozoic Geology in the Alps, 537-564, Berlin int. (Springer).
- LAHUSEN, L., 1972: Die schicht- und zeitgebundenen Antimonit-Scheelit-Vorkommen und Zinnobervererzungen in Kärnten und Osttirol/Österreich. – Mineralium Deposita, 7, 31-60.
- LENGAUER, C. L., 1988: Geologie und Erzmineralogie der Lagerstätte Leogang, Salzburg. – Unveröff. Diss., 146 S., Salzburg (Univ.).
- LOESCHKE, J. & HEINISCH, H., 1993: Palaeozoic Volcanism of the Eastern Alps and its Palaeotectonic Significance. – In: RAUMER, J. F. v. & NEUBAUER, F. (eds.): Pre-Mesozoic Geology in the Alps, 441-455, Berlin int. (Springer).
- MALI, H., 1993: Die Spodumenvorkommen im Bereich Bretstein/Pusterwald (Wölzer Tauern, Steiermark). – Unveröff. Dipl. Arbeit, 143 S., Leoben (Montanuniv.).
- MALI, H., 1996: Bildungsbedingungen von Quecksilber- und Antimonlagerstätten im Ostalpin (Österreich). – Unveröff. Diss., 215 S., Leoben (Montanuniv.).
- MAGGETTI, M. & FLISCH, M., 1993: Evolution of Silvretta Nappe. – In: RAUMER, J. F. v. & NEUBAUER, F. (eds.): Pre-Mesozoic Geology in the Alps, 469-484, Berlin int. (Springer).
- MORTEANI, G., 1989: Mg-metasomatic type sparry magnesites of Entachen Alm, Hochfilzen/Bürgelkopf and Spießnägel (Austria). – Monogr. Ser. Mineral Deposits, 28, 105-114, Borntraeger, Berlin-Stuttgart.
- MOSTLER, H., 1970: Zur Baryt-Vererzung des Kitzbühler Hornes und seiner Umgebung (Tirol). – Arch. f. Lagerst. forsch. Ostalpen, 11, 101-112.
- NEINAIAE, H., PFEFFER, W. & TAHLMAN, F., 1989: Ergebnisse der geochemischen Prospektion auf Stahlveredler im Bundesgebiet. – BHM, 130, 111-116.

- NEUBAUER, F., 1994: Kontinentkollision in den Ostalpen. – *Geowissenschaften*, 12, 136-140.
- NEUBAUER, F., FRISCH, W. & HANSEN, B. T., 1989: A Late Archean rock in the Eastern Alps? *Terra Abstr.*, 1, 5.
- NEUBAUER, F., EBNER, F., FRISCH, W. & SASSI, F. P., 1998: Terranes and tectonostratigraphic units in the Alps. – *Ann. Pays Geol. Helléniques*, 37/1996/1997, 219-243, 1998.
- NEUBAUER, F. & FRISCH, W., 1992: Pre-Mesozoic geology of the Middle and Upper Austroalpine metamorphic basement east of the Tauern Window. – *ALCAPA*, Field Guide, 17-36, Graz (GP/KFU).
- NEUBAUER, F. & FRISCH, W., 1993: The Austro-Alpine Metamorphic Basement East of the Tauern Window. – In: RAUMER, J. F. v. & NEUBAUER, F. (eds.): Pre-Mesozoic Geology in the Alps, 515-536, Berlin int. (Springer).
- NEUBAUER, F. & GENSER, J., 1990: Architektur und Kinematik der östlichen Zentralalpen – eine Übersicht. – *Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark*, 120, 203-219.
- NEUBAUER, F. & SASSI, F. P., 1993: The Austro-Alpine Quartzphyllites and Related Palaeozoic Formations. – In: RAUMER, J. F. v. & NEUBAUER, F. (eds.): Pre-Mesozoic Geology in the Alps, 423-439, Berlin int. (Springer).
- PAAR, W. H. & CHEN, T. T., 1985: Zur Mineralogie von Cu-Ni(Co)-Pb-Ag-Hg-Erzen im Revier Schwarzleö bei Leogang, Salzburg, Österreich. – *Mitt. Österr. Geol. Ges.*, 78, 125-148.
- PAAR, W. H., ROBERTS, A. C., CRIDDLE, A. J. & STANLEY, C. J., 1989: Donharrsite, Nickel-Mercury Sulfide, a new mineral species from Leogang, Salzburg province, Austria. – *Canad. Min.*, 27, 257-262.
- PETRASCHECK, W. E., 1968: Kontinentalverschiebung und Erzprovinzen. – *Mineralium Deposita*, 3, 56-65.
- POHL, W., 1984: Metallogenetic evolution of the East Alpine Paleozoic basement. – *Geol. Rdsch.*, 73, 131-147.
- POHL, W., 1993: Metamorphogene Lagerstätten in den Ostalpen. – *Geowissenschaften*, 11, 86-91.
- POHL, W. & BELOCKY, R., 1994: Alpidic metamorphic fluids and metallogenesis in the Eastern Alps. – *Mitt. Österr. Geol. Ges.*, 86, 141-152.
- POHL, W. & BELOCKY, R., 1999: Metamorphism and metallogeny in the Eastern Alps. – *Mineralium Deposita*, 24, 614-629.
- PROCHASKA, W., 1993: Untersuchungen stabiler Isotope an alpidischen Ganglagerstätten in den Ostalpen. – *BHM*, 138, 138-144.
- PROCHASKA, W., 1997: Formation of different siderite provinces during the Alpine tectono-metamorphic event in the Eastern Alps of Austria. – In: PAPUNEN, H. (ed.) 1997: Mineral Deposits: Research and Exploration. Where do They meet?, 845-848, Rotterdam/Brookfield (Balkema).
- PROCHASKA, W., 1998 a: Zur Genese der ostalpinen Talk- und Leukophyllitvorkommen. – *BHM*, 143, 215-219.
- PROCHASKA, W., 1998 b: Significance of Fluid Chemistry for the Origin of Siderite Mineralization in the Greywacke Zone of the Eastern Alps. – XVI. Congr. Carpathian-Balkan Geol. Assoc., Abstr., S. 494.
- PROCHASKA, W., 1999: Die Bedeutung der chemischen Zusammensetzung von Einschlüssefluiden und laugbaren Salzen für die Genese von hydrothermalen und sedimentären Karbonatgesteinen der Ostalpen. – *Mitt. Österr. Geol. Ges.*, 90, 175-183.
- RAITH, J. G., 1988: Tourmaline Rocks Associated with Stratabound Scheelite Mineralization in the Austroalpine Crystalline Complex, Austria. – *Mineralogy and Petrology*, 39, 265-288.
- RAITH, J. G., GRUM, W., PROCHASKA, W. & FRANK, W., 1995: Polymetamorphism and polyphase deformation of the stratabound magnesite-scheelite deposit Tux/Lanersbach, Eastern Alps, Austria. – *Econ. Geol.*, 90, 763-781.
- RATSCHBACHER, L., FRISCH, W. & LINZER, H. G., 1991: Lateral extrusion in the eastern Alps, part II: structural analysis. – *Tectonics*, 10, 257-271.
- REIMANN, C. & STUMPFL, E. F., 1981: Geochemical setting of stratabound scheelite mineralization in the Austroalpine crystalline complex, Austria. – *Trans. Inst. Min. Metall.*, 90 B, 126-132.
- REIMANN, C. & STUMPFL, E. F., 1985: Paleozoic amphibolites, Kreuzberg Mountains, Austria: Geochemical variations in the vicinity of mineralization. – *Mineralium Deposita*, 20, 69-75.
- SCHERMANN, O., SCHEDL, A., PAVLIK, W. & SCHÄFFER, G., 1992: Erhebung des geogenen Naturraumpotentials im Raum Kitzbühel, Bereich St. Johann i. T. (ÖK 91), Lofer (ÖK 92), Kitzbühel (ÖK 122), Zell a. S. (123) jeweils Tiroler Anteil. – Unveröff. Ber., Wien (Geol. B.-A.).
- SCHEDL, A., 1981: Geologische, geochemische und lagerstättenkundliche Untersuchungen im ostalpinen Altkristallin der Schladminger Tauern. – Unveröff. Diss., 209 S., Wien (Univ.).
- SCHÖNLAUB, H. P. & HEINISCH, H., 1993: The Classic Fossiliferous Palaeozoic Units of The Eastern and Southern Alps. – In: RAUMER, J. F. v. & NEUBAUER, F. (eds.): Pre-Mesozoic Geology in the Alps, 395-422, Berlin int. (Springer).
- SCHULZ, B., NOLLAU, G., HEINISCH, H. & GODIZART, G., 1993: Austroalpine Basement Complex to the South of the Tauern Window. – In: RAUMER, J. F. v. & NEUBAUER, F. (eds.): Pre-Mesozoic Geology in the Alps, 495-514, Berlin int. (Springer).
- SCHULZ, O., 1969: Schicht- und zeitgebundene paläozoische Zinnber-vererzung in Stockenboi (Kärnten). – *Sitz. Ber. Bayer. Akad. Wiss. Math.-nat. Kl.*, 1968, 113-139.
- SCHULZ, O., 1986: Die ostalpinen Lagerstätten mineralischer Rohstoffe in der Sicht neuer Forschungsergebnisse. – *Arch. f. Lagerst. forsch.*, Geol. B.-A., 7, 257-287.
- SCHULZ, O. & VAVTAR, F., 1989: Genetic fabric interpretation of the Magnesite deposit of Weissenstein (Hochfilzen, Tirol). – *Monogr. Ser. Mineral Deposits*, 28, 115-134.
- SCHULZ, O., VAVTAR, F. & DIEBER, K., 1997: Die Siderit-Erzlagerstätte Steirischer Erzberg: Eine geowissenschaftliche Studie, mit wirtschaftlicher und geschichtlicher Betrachtung. – *Arch. f. Lagerst. forsch.*, 20, 65-178.
- SPRENGER, W. L., 1996: Das Periadriatische Lineament südlich der Lienzer Dolomiten. Strukturgeologie – Fernerkundung – Geochemie. – *Abh. Geol. B.-A.*, 52, 1-220.
- THALHAMMER, O. A. R. & STUMPFL, E. F., 1988: Platinum-group minerals from Hochgrößen ultramafic massif, Styria: first reported occurrences of PGM in Austria. – *Trans. Inst. Metall. Sec. B*, 77-82.
- TOLLMANN, A., 1977: Geologie von Österreich, Bd. I. – 766 S., Wien (Deuticke).
- TUFAR, W., 1997: Magnesitlagerstätte Radenthein. – In: WEBER, L. (Ed.), 1997 b: Handbuch der Lagerstätten der Erze, Industriemineralen und Energierohstoffe Österreichs. – *Arch. f. Lagerst. forsch. Geol. B.-A.*, 19, 314-316.
- VAVTAR, F., 1988: Die Erzaneicherungen im Nordtiroler Stubai-Ötztal- und Silvretta-Kristallin. – *Arch. f. Lagerst. forsch. Geol. B.-A.*, 9, 103-153.
- WALLNER, P. & PROCHASKA, W., 1983: Der Kiesbergbau Politberg/Kreuzberggruppe. – *Carinthia II*, 173/93, 93-117.
- WEBER, L., 1990: Die Blei-Zinkerzlagerstätten des Grazer Paläozoi-kums und ihr geologischer Rahmen. – *Arch. f. Lagerst. forsch. Geol. B.-A.*, 12, 289 S.
- WEBER, L. (Ed.), 1997 a: Metallogenetic Karte von Österreich 1:500 000 unter Einbeziehung der Lagerstätten der Erze, Industriemineralen und Energierohstoffe. – Wien (Geol. B.-A.).
- WEBER, L. (Ed.), 1997 b: Handbuch der Lagerstätten der Erze, Industriemineralen und Energierohstoffe Österreichs. – *Arch. f. Lagerst. forsch. Geol. B.-A.*, 19, 607 S.
- WENGER, H., 1979: Diskordante und konkordante Kupferkies- und Eisenspatvererzungen im Bereich des Kaunzalm-Hochlegers im Öxeltal (Tuxer Voralpen). – *Veröffentl. Landesmus. Ferdinandeaum*, 61, 171-188.
- WENGER, L., 1983: Die Eisenkarbonat-Kupferkiesvererzungen im Raume Schwaz/Tirol. – *Veröffentl. Mus. Ferdinandeaum*, 63, 185-200.