

EPITHERMALE Au-Ag-MINERALISATIONEN BEI KASSITERES/ SAPE, NE-GRIECHENLAND: GEOLOGISCHE, MINERALOGISCHE UND MIKROTHERMOMETRISCHE UNTERSUCHUNGEN

P. Voudouris* und K. Arikas**

KURZFASSUNG

Kassiteres ist ein stark hydrothermal alteriertes und mineralisiertes Areal am südöstlichen Rand des Rhodopen-Massivs. Epithermale Au-Ag-führende und buntmetallreiche Gänge treten innerhalb tertiärer Magmatite in enger räumlicher Beziehung mit einer Porphyry-Cu-Mineralisation auf. Geologische und mineralogische Untersuchungen deuten darauf hin, daß die Gangmineralisationen auf zwei unterschiedliche hydrothermale Systeme zurückzuführen sind: Einem vermutlich früheren System des "acid-sulfate"-Typs und einem späteren des "adularia-sericite"-Typs. Mikrothermometrische Daten ergaben, daß Edelmetalle in den epithermalen Gangmineralisationen von mittel temperierten (250° - 315°C) und niedrig salinaren (0.7 - 3.0 Gew. % NaCl Äq.) Lösungen - vermutlich von aufgeheizten meteorischen Wässern - zugeführt wurden. Die zur hydrothermalen Konvektion benötigte thermische Energie ist den intermediären bis sauren Intrusionen oder tiefer liegenden kogenetischen Plutonen zu verdanken.

ABSTRACT

Kassiteres is an intensively hydrothermally altered and mineralised area at the SE-margin of the Rhodope Massif. Epithermal veins, rich in precious and base metals, occur within tertiary magmatic rocks in close proximity to a porphyry copper mineralization. Geological and mineralogical data suggest that the vein type mineralizations formed from two different hydrothermal systems: a probably earlier of the acid-sulfate type and a subsequent system of the adularia-sericite type. Fluid inclusion studies indicate that precious metals were introduced by hydrothermal solutions of intermediate temperatures (250° - 315°C) and low salinities (0.7 - 3.0 equiv. wt. % NaCl), which were probably heated meteoric waters. The heat required for the hydrothermal convection have been supplied by the intermediate to acid intrusions or subjacent cogenetic plutons.

EINLEITUNG

Im Rahmen der Gold-Prospektionsarbeiten des griechischen Instituts für Geologie und Lagerstättenforschung (I.G.M.E./Außenstelle Xanthi) in Thrakien wurde das stark alterierte, vorwiegend von Magmatiten eingenommene Areal bei Kassiteres eingehend auskartiert und lagerstättenkundlich untersucht.

Diese Untersuchungen haben zur Lokalisierung einer Mineralisation des Porphyry-Cu-Typs im nördlichen Bereich (bei Koryphes) und einer epithermalen

* Navarinou Str. 18 - 20, 10680 ATHEN, Griechenland

** Mineralogisch-Petrographisches Institut, Universität Hamburg, Grindelallee 48, 20146 HAMBURG, Deutschland

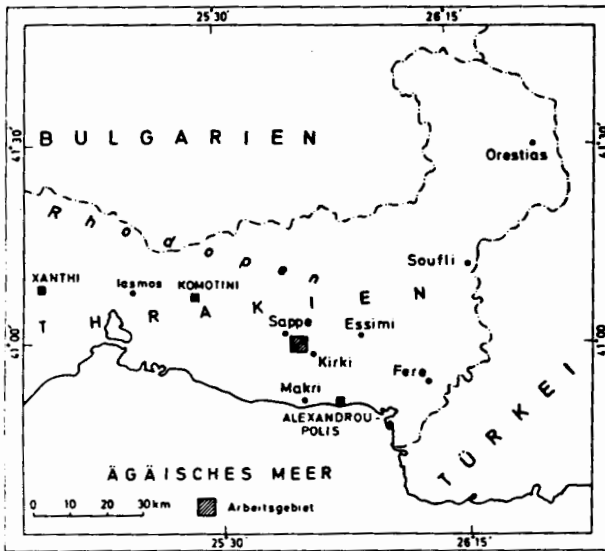


Abb.1: Lage des Arbeitsgebietes.
 Fig. 1: Location of the investigated area.

“Kassiteres-Plutonit” beschäftigten sich petrographisch Rentzeperis (1956) und Economou et al. (1982). Der südliche Bereich von Kassiteres wurde in der geologischen Karte, Blatt Maronia 1:50.000 von Papadopoulos (1982) erfaßt. Einen ersten geologisch-petrographischen und lagerstättenkundlichen Bericht über den nördlichen Teil des Areals lieferten Michael et al. (1988), in dem sie sich ausführlicher mit der Beschreibung von Alterationszonen befassen.

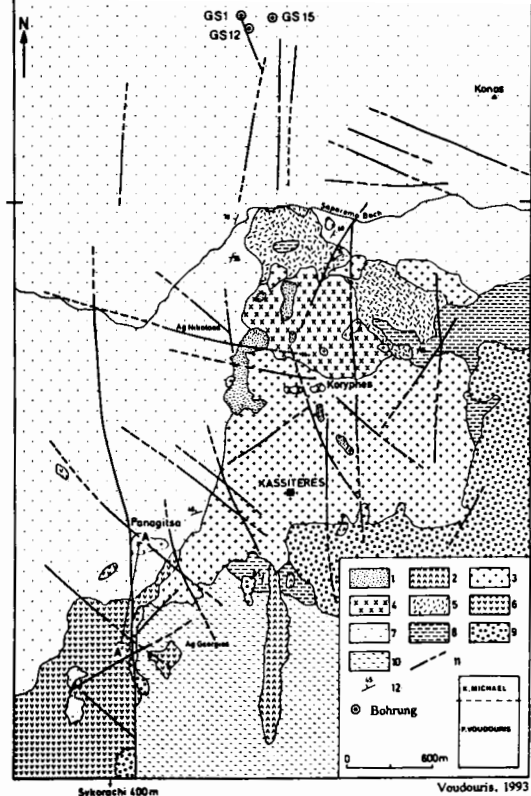
GEOLOGIE DES ARBEITSGEBIETES

Das Grundgebirge im kartierten Gebiet (Abb.2) stellen die mesozoischen schwachmetamorphen Grünschiefer und Kalke der Makris-Einheit dar. Basalkonglomerate des Lutets (Papadopoulos, 1982) im Süden und Osten des Areals aufgeschlossen, überlagern transgressiv das Grundgebirge und repräsentieren die Basis der tertiären Startigraphie.

Der größte Teil des Gebietes ist von magmatischen Gesteinen intermediärer bis saurer Zusammensetzung eingenommen; mit ihnen sind die untersuchten Porphyry-Cu-Typ- und epithermalen Gangmineralisationen räumlich gebunden. Die Geochemie und Petrographie der Magmatite ist eingehend von Voudouris (1993) beschrieben.

Im westlichen und nördlichen Teil des Gebietes dominiert eine Vulkaniten/Pyroklastiten-Abfolge, die aus andesitisch/dazitischen Tuffbrekzien Agglomeraten, Bimssteintuffen, Kristalltuffen und aus Laven besteht. Intrudiert an der Basis der o.g. Pyroklastiten-Abfolge treten südlich von Panagitsa bis Sykorachi massive, im frischen Zustand schwarz aussehende andesitische Lava-Domen auf. Geländebeobachtungen sprechen dafür, daß die Laven/Pyroklastite in einem subaerischen Milieu gefördert wurden. Die Laven/Pyroklastite sind im Mitteloligozän von einem Quarz-Monzodiorit und einem porphyrischen Diorit intrudiert worden (Abb.2). Der ca. 32 Ma. alte Quarz-Monzodiorit ist ein fein- bis mittelkörniges, subvulkanisches Gestein (Del Moro et al., 1988). Der Modalzusammensetzung nach variiert der Quarz-Monzodiorit in Pyroxen-Amphibol-Biotit-, Pyroxen-Biotit- und Amphibol-(Biotit)-führende Glieder. Im Bereich

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.



- Geologie des Gebietes Kassiteres/Konos (aus Voudouris, 1993).
 Der Bereich nördlich von Saporema wurde aus der geologischen Karte von K. Michael (1989, unveröffentlicht) übernommen und modifiziert.
- | | |
|-----------------------------------|----------------|
| 1. Rhyolith-Dikes | Oligozän |
| 2. Dazit-Dikes | |
| 3. Quarz-Monzodiorit | |
| 4. Pyroxen-Biotit-Diorit | |
| 5. Porphyrischer Diorit | |
| 6. Andesitische Laven | |
| 7. Vulkanite (Pyroklastite/Laven) | |
| 8. Sedimente | Obereozän |
| 9. Basalkonglomerate | Mittlereozän |
| 10. Makri-Serie | Trias/Oberjura |
| 11. Störungen | |
| 12. Streichen und Einfallen | |

Fig. 2.

- Geology of the Kassiteres/Konos district (after Voudouris, 1993).
 The area north of Saporema is modified from the geological map of K. Michael (1989, unpublished).
- | | |
|-----------------------------------|----------------|
| 1. rhyolithe dykes | Oligocene |
| 2. dacite dykes | |
| 3. quartz monzodiorite | |
| 4. pyroxene biotite-diorite | |
| 5. diorite porphyry | |
| 6. andesitic lavas | |
| 7. volcanics (pyroclastics/lavas) | |
| 8. sediments | upper eocene |
| 9. basis conglomerate | middle eocene |
| 10. Makri unit | triassic/upper |
| 11. faults | |
| 12. strike and dip | jurassic |

des Porphyry-Cu-Vorkommens von Koryphes dominiert eine gleichkörnige bis porphyrische Pyroxen-Biotit-führende Varietät. Sie wird als Pyroxen-Biotit-Diorit genannt. Einer jüngeren Intrusionsphase gehören Rhyolith-Dazit-Dikes an, welche die Stöcke durchschlagen. Mineralisierte Gänge sind in allen lithologischen Einheiten des Areals anzutreffen. Im Bereich der Au-Ag-Vererzung von Panagitsa treten die Gänge in andesitischen Lava-Domen und in dem angrenzenden Quarz-Monzodiorit (im Nordosten) auf. Im Bereich der Vererzung von Konos sind dazitisch-andesitische Tuffbrekzien mit den Au-Ag-führenden Gängen räumlich verknüpft. Die Porphyry-Cu-Mineralisation hat den größten Teil des Pyroxen-Biotit-Diorits und angrenzende Bereiche des porphyrischen Diorits und des Quarz-Monzodiorits bei Koryphes eingenommen.

HYDROTHERMALE ALTERATIONEN

Die im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Gangmineralisationen sowie die disseminierte Kupfer-Mineralisation des Porphyry-Typs sind von starken hydrothermalen Alterationen des Nebengesteins begleitet.

Auf der Basis von Mineralparagenesen werden in Anlehnung an Meyer & Hemley (1967), Heald et al. (1987) folgende Alterationstypen in den Magmatiten unterschieden: "albitic/potassic", "propylitic", "advanced argillic", "sericitic", "argillic-sericitic", "K-feldspar" und "sericitic-chloritic". Die Oberflächenverteilung der Alterationszonen bei Kassiteres ist in der Abb. 3 aufgeführt.

"Albitic/potassic" Alteration

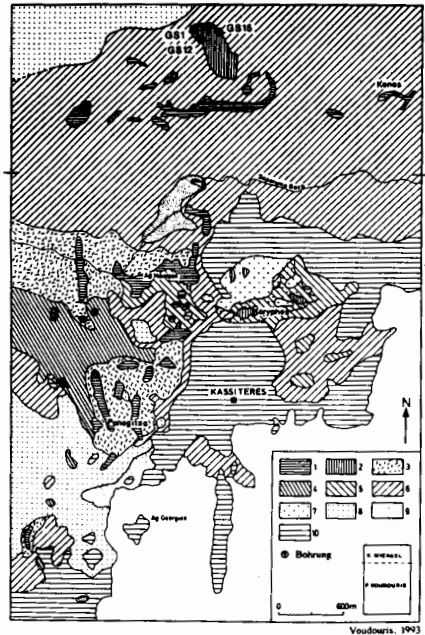
In den Intrusionen um Koryphes wurden Alterationen festgestellt, die für Porphyry-Cu-Lagerstätten charakteristisch sind (Voudouris et al., 1990). Der größte Teil des Pyroxen-Biotit-Diorits sind von einer pervasiven "albitic/Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

Abb.3. Schematische Darstellung der Alterationstypen im Gebiet Kassiteres/Konos (nach Vouhouris, 1993). Der nördliche Bereich wurde aus der geologischen Karte von Michael (1989, unveröffentlicht) modifiziert.

1. "vuggy silica" u. "massive silica"
2. Quarz-Diaspor
3. Quarz-Alunit ± Kaolinit
4. Quarz-Kaolinit ± Alunit
5. "argillic-sericitic"
6. "sericitic"
7. "albitic/potassic"
8. "K-feldspar" mit Amethyst/Chalzedon-Gängen
9. "sericitic-chloritic"
10. "propylitic" (lokal frische Magmatite)

Fig.3. Schematic representation of alteration types from Kassiteres/Konos (after Vouhouris, 1993). The northern area is modified from the geological map of Michael, K. (1989, unpublished).

1. vuggy silica and massive silica
2. quartz-diaspore
3. quartz-alunite ± kaolinite
4. quartz-kaolinite ± alunite
5. argillic-sericitic
6. sericitic
7. albitic/potassic
8. K-feldspar with amethyst/chalcedony veins
9. sericitic-chloritic
10. propylitic (locally fresh magmatic rocks)



potassic" Zone eingenommen.

Innerhalb dieser Zone werden zwei Paragenesen unterschieden:

- Die erste Paragenese besteht aus folgenden hydrothermalen Mineralen: Albit/Orthoklas, Quarz, Biotit, Aktinolith, Titanit ± Epidot, Pyrit und Kupferkies ("potassic" Alteration). Der Beginn dieser Alteration ist mit einer selektiven Umwandlung der primären Mafite zu sekundärem Biotit gekennzeichnet. Fortgeschrittene Umwandlung ist mit einer starken Umkristallisation und Veränderung des Gefüges verknüpft. Unregelmäßige Aggregate aus kleinen Biotit-Blättern und Verwachsungen zwischen Albit und Orthoklas (Abb.4) in alteriertem Pyroxen-Biotit-Diorit sind insbesondere etwa 300 m nördlich von Koryphes auszufinden.

- Die zweite Paragenese besteht aus Albit/Orthoklas, Quarz, Epidot, Calcit, Aktinolith, Titanit, Pyrit, Kupferkies ("albitic" Alteration). Albit und Quarz sind die Hauptminerale, Epidot, Calcit, Titanit und Erze treten akzessorisch auf.

Die "albitic" Alteration des Porphyry-Vorkommens ist durch eine starke Albitisierung und einer tiefgreifenden Umkristallisation des alterierten Gesteins geprägt. Beide Paragenesen sind innerhalb der "albitic/potassic" Zone mehr oder weniger unregelmäßig verteilt. Ähnliche "albitic/potassic" Alterationen wurden aus der zentralen Zone des benachbarten Porphyry-Mo-Cu-Vorkommens von Pagoni Rachi bereits von Arikas (1979, 1981, 1991) beschrieben.

"Propylitic" Alteration

Um die "albitic/potassic" Alterationszone sind der porphyrische Diorit, Pyroxen-Biotit-Diorit und Quarz-Monzodiorit propylitisiert. (Paragenese: Calcit, Chlorit, Quarz, Aktinolith, Albit, Epidot, Serizit, Apatit, Titanit, Pyrit, Hämatit, Leukoxen). Die Propylitisierung beginnt ebenfalls wie die "albitic/

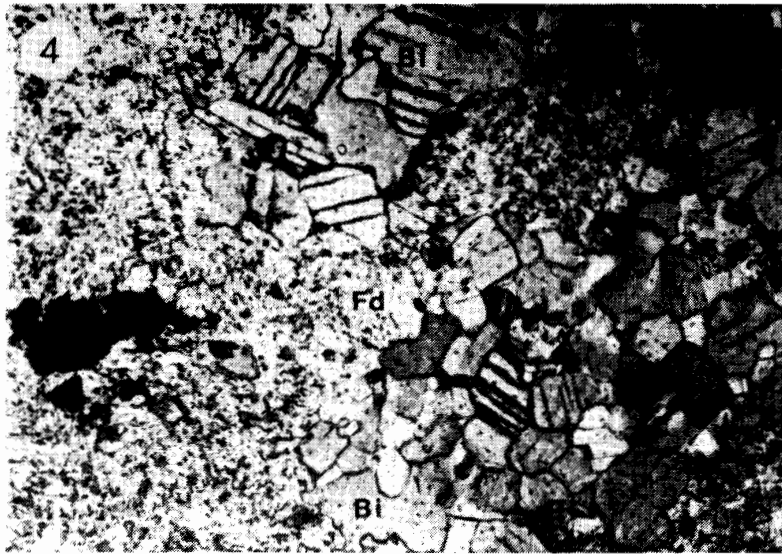


Abb. 4: Hydrothermaler Biotit (Bi), verwachsen mit hydrothermalem K-Feldpsat/ Albit (Fd): Pervasive "potassic" Alteration des Pyroxen-Biotit-Diorits. Links im Bild sind noch Titanit-Körner zu sehen. (// Nicols, Bildlänge = 0.95 mm).

Fig. 4: Hydrothermal biotite (Bi) with hydrothermal k-feldspar/albite (Fd): pervasive potassic alteration of pyroxene-biotite-diorite. On the left side titanite grains can be recognized (// Nicols, length of the photomicrograph = 0.95 mm).

potassic" Alteration mit einer selektiven Verdrängung der primären Minerale, die im fortgeschrittenen Stadium völlig umgewandelt wurden. Albit, Calcit, Epidot bildeten sich auf Kosten der Plagioklase, während aus der Umwandlung der Mafite Calcit, Chlorit, Aktinolith, Pyrit, Apatit und Titanit hervorgingen. Propylitisierte Laven und Pyroklastite sind nur im Südwesten des Gebietes zwischen Panagitsa und Sykorachi aufgeschlossen.

"Advanced argillic" Alteration

Diese Alteration tritt sowohl im Bereich des Porphyry-Cu-Vorkommens von Koryphes (A) als auch im übrigen Untersuchungsgebiet (B) auf:

A) Die "advanced argillic" Alteration nimmt eine Sonderstellung im Alterationsspektrum der Intrusionen bei Koryphes ein. Sie wird durch die Paragenesen Korund + Serizit und Quarz + Diaspor vertreten. Bei Koryphes haben Quarz + Diaspor + Fe-Oxid-führende Verkieselungszonen und Brekzien die "albitic/potassic"-, die "sericitic"- und die "argillic-sericitic"-Alteration überlagert. Quarz und Diaspor sind die dominierenden Minerale dieser Alteration, vereinzelt wurden Alunit, Kaolinit und Pyrophyllit beobachtet. Die Paragenese Korund-Serizit wurde ca. 200 m westlich von Koryphes im serizitisierten Quarz-Monzodiorit lokalisiert. Korundkörner bilden 2 mm große Aggregate, die als Korund-Inseln im Serizit auftreten.

B) "Advanced argillic" Alteration tritt außer bei Koryphes auch in den Laven/Pyroklastiten, teils auch im Quarz-Monzodiorit von Saporema bis Panagitsa (in der westlichen Hälfte des kartierten Gebiets) und an einigen Stellen nördlich von Saporema auf (Abb.3). Es ließen sich hier folgende Alterationsparagenesen unterscheiden: Quarz + Alunit ± Kaolinit (Quarz-



Abb. 5: Alunit und Quarz haben hier den primären Bestand eines Vulkanits völlig ersetzt. Im Bild kann man die Umrisse der ehemaligen Amphibole ausmachen (// / Nicols, Bildlänge = 2.6 mm).

Fig. 5: The primary mineral components of this volcanic rock have been substituted by alunit and quartz. The outlines of pseudomorphosed amphibole can be recognized. (// Nicols, length of the photomicrograph = 2.6 mm).

Alunit-Zone), Quarz + Kaolinit ± Alunit (Quarz-Kaolinit-Zone), Quarz + Diaspor und Alunit + Serizit + Quarz. Quarz + Diaspor und Alunit + Serizit + Quarz wurden nur im Bereich der Au-Ag-Vererzung von Konos identifiziert (Michael, mündliche Mitteilung).

Die Quarz-Alunit-Zone besteht aus Quarz, Alunit (in variierenden Verhältnissen), Fe-Oxiden (nach Pyrit) und in einigen Fällen teilweise aus Kaolinit. Alunit-Kristalle und Quarz bilden deutlich abgrenzbare Pseudomorphosen nach den primären Mineralen (Mafite, Plagioklase) und sind auch in der Grundmasse fein verteilt (Abb. 5). Die Quarz-Kaolinit-Zone entwickelt sich meist lateral der Quarz-Alunit-Zone oder überlagert die "sericitic"- oder "K-feldspar"-Alterationen. Der Kaolinit aus der Quarz-Kaolinit-Zone ist grobblättrig und kommt in sphärolithischen Aggregaten vor.

Der Kernbereich der Alunit-führenden "advanced argillic" Alterationen ist von einer Verkieselungszone eingenommen. Es wurde a) eine mikrokristalline "schwarze" massive Verkieselung mit reichlich Pyrit, und b) eine mikrokristalline drusenreiche Verkieselung - auch "vuggy silica" genannt (Stoffregen, 1987) - mit Fe-Oxiden, gelegentlich auch mit Pyrit unterschieden. In beiden Verkieselungsvarianten kommen untergeordnet Alunit- und Baryt-Kristalle vor.

"Sericitic"- und "argillic-sericitic" Alteration

- Die "sericitic" Zone bildet cm bis m breite Alterationshöfe um Quarz-Sulfid-Gänge oder entwickelt sich unterhalb und lateral von "advanced argillic" Alterationen. Hierbei sind die primären Minerale durch die sekundären Mineralphasen Serizit, Quarz, Pyrit, Rutil/Anatas und Kaolinit

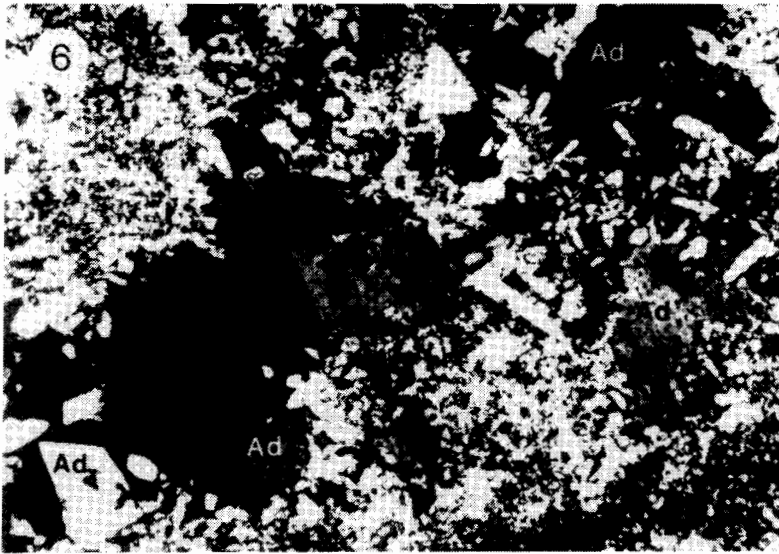


Abb.6: Adularkristalle (Ad) und Quarz aus der Quarz-Adular-führenden Alteration eines dazitischen Andesits (+ Nicols, Bildlänge = 2.6 mm).

Fig.6: Adularia (Ad) and quartz from the quartz-adularia-alteration of a dacitic andesite (+ Nicols, length of the photomicrograph = 2.6 mm).

pseudomorphosiert, wobei die Grundmasse stark umkristallisiert wurde.

- Die "argillic-sericitic" Alteration ist durch die Paragenese Kaolinit + Serizit + Quarz + Pyrit gekennzeichnet. Kaolinit stellt in dieser Alteration die dominierende Mineralphase dar.

"K-feldspar" Alteration

Die "K-feldspar" Alteration ist an Amethyst/Chalzedon-Gänge gebunden und durch die Paragenesen Quarz + Adular, Quarz + Adular + Serizit gekennzeichnet. In der Quarz-Adular-Serizit-Zone konnte die Bildung von Adular auf Kosten des Serizits beobachtet werden. Die Quarz-Adular-Zone ist durch starke Verkieselung und Umkristallisation geprägt. Dort sind Adular-Rhomboeder (bis 4 mm groß) in Drusen frei kristallisiert (Abb.6). Am Intensivsten ist die "K-feldspar" Alteration südlich und westlich von Panagitsa entwickelt.

"Sericitic-chloritic" Alteration

Typische Mineralparagenese der "sericitic-chloritic" Alteration ist Illit/Smektit, Calcit, Chlorit, Quarz, Adular und Pyrit. Die "sericitic-chloritic" Zone bildet die unmittelbare Nebengesteinsalteration um Calcit-Gänge in Laven/Pyroklastiten und im Quarz-Monzodiorit, vor allem zwischen Panagitsa und Sykorachi.

Alterationen im Bereich der Au-Ag-Vererzungen

- Im Bereich der Au-Ag-Vererzung südlich von Panagitsa zeigen die Alterationen (und mineralisierten Gänge) eine eindeutige vertikale Zonierung (Abb.7). "Sericitic-chloritic" Alteration, gebunden an Au-Ag-haltige Calcit-Gänge, ist in tieferen Niveaus aufgeschlossen, wobei in höheren stratigraphischen Niveaus sich eine "K-feldspar" Alteration um Amethyst/Chalzedon-Gänge gebildet hat. Oberhalb dieser Zone kommt "advanced argillic"

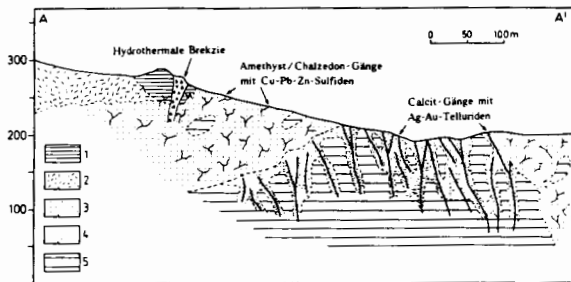


Abb.7: Profil A-A' stellt die Zonierung der Alterationen und epithermalen Gänge im Bereich der Au-Ag-Vererzung südlich von Panagitsa dar. Lage des Profils A-A' siehe Abb. 2.
1: "vuggy silica"; 2: Alunit-Zone; 3: "K-feldspar" Alteration; 4: "sericitic-chloritic" Alteration;

5: "propylitic" Alteration.

Fig.7: Cross section A-A' showing the zoning of alteration and epithermal veins at the Au-Ag-mineralization, in the south of Panagitsa. Position of section A-A' is shown in Fig.2.

1: vuggy silica; 2: alunit zone; 3: K-feldspar alteration; 4: sericitic-chloritic alteration; 5: propylitic alteration.

Alteration mit Quarz, Alunit und Baryt vor.

- Anhand von Bohrkernen von I.G.M.E. im Bereich der Au-Ag-Vererzung von Konos wurde folgende vertikale Zonierung der Alterationen beobachtet (Michael, K., mündliche Mitteilung): Eine Quarz-Diaspor-Baryt-führende Verkieselungszone ist in höheren stratigraphischen Niveaus aufgeschlossen. Unterhalb davon wurde in der "advanced argillic" Alteration neben Serizit, Quarz und Pyrit auch Kaolinit, Alunit, Diaspor und Pyrophyllit festgestellt. In größeren Tiefen geht die "advanced argillic" Alteration zu einer "argillic-sericitic" Zone über. Buntmetalle und Gold sind in Quarz-Gängen innerhalb der Quarz-Diaspor- und Quarz-Serizit-Alunit-Kaolinit-führenden Alterationen angereichert.

MINERALISATIONEN UND PARAGENETISCHE ABFOLGE

Porphyry-Cu-Mineralisation

Die mineralogisch recht einfache, disseminierte Porphyry-Cu-Mineralisation von Kassiteres ist mit der "albitic/potassic" Alteration der Granitoide bei Koryphes verbunden. Idiomorphe bis subidiomorphe Pyrite sind zusammen mit Kupferkies, Magnetkies und Spuren von Magnetit vergesellschaftet.

Epithermale Gangmineralisationen

Die Gangmineralisationen sind an NNW-SSE-, NW-SE-, NE-SW- und E-W-streichende Gänge, an "Stockworks" und Brekzien gebunden. Charakteristisch für die epithermalen Gänge ist Bänderung ("crustification banding"), Kammstruktur ("comb texture"), Drusenausfüllung ("open-space filling"), fein- und gutkristalline Quarze und hydraulische Brekzierung. Auf der Basis paragenetischer Beziehungen und Gefüge-Merkmale (Bänderung, Brekzierung, usw.) wurden mindestens 5 gangbildende Phasen im Gebiet von Kassiteres (Saporema bis Sykorachi) und 4 Phasen im Bereich der Au-Ag-Vererzung von Konos festgestellt.

Gangmineralisationen von Kassiteres

Die Abfolge der Mineralisationsphasen bei Kassiteres ist in der Abb. 8 demonstriert.

Phase I: In dieser Phase wurde feinkristalliner, massiver "schwarzer" Quarz und Pyrit abgesetzt. Serizit in tieferen und Alunit in höheren

Mineral	Phase I	Phase II	Phase III	Phase IV		Phase V
				IVa	IVb	
Quarz						
Amethyst						
Chalzedon						
Alunit						
Serizit						
Adular						
Chlorit						
Calcit						
Baryt						
Pyrit						
Bornit						
Bleiglanz						
Kupferkies						
Zinkblende						
Markasit						
Hämatit						
Magnetkies						
Tetraedrit						
Tennantit						
Hessit						
"Petzit"						
Altaït						

Abb. 8: Paragenetisches Schema zeigt Mineralisationsphasen bei Kassiteres

Fig. 8: Paragenetic sequence indicating stages of mineralization from Kassiteres

Korngrenzen von frühausgeschiedenen Pyriten oder bilden isolierte Einschlüsse in Kupferkies und/oder in der Calcit-Matrix und erreichen Größen bis 300 µm (Abb.9). Mit den Erzmineralen sind Calcit, Quarz, Baryt, Adular, Illit/Smektit und Chlorit in variierenden Mengenverhältnissen vergesellschaftet.

Niveaus gehören zur Gangparagenese.

Phase II: Charakteristisch für die erzfreie Phase II sind Baryt und grobkristalliner Alunit, welche Spalten in den Verkieselungszonen der Phase I ausfüllen.

Phase III: Sie besteht aus feinkörnigem, trüben ("milky") Quarz, Serizit, Baryt und aus Buntmetallsulfiden. Typisch für die Erze der Phase III sind die Kataklyse von Pyrit, Zinkblende und die plastische Deformation des Bleiglanzes. Die Phase III ist mit einer "sericitic" Alteration des Nebengesteins verbunden.

Phase IV: Diese Phase wird in die Subphasen IVa und IVb unterteilt. Sulfide (Kupferkies, Pyrit, Zinkblende, Bleiglanz, Magnetkies, Markasit), Sulfosalze (Mischkristalle der Reihe Tetraedrit/Tennantit) und Telluride (Hessit, Petzit und Altaït) wurden während der Phase IVa nach einer hydraulischen Brekzierung der epithermalen Gänge gebildet. Die Telluride konzentrieren sich an den

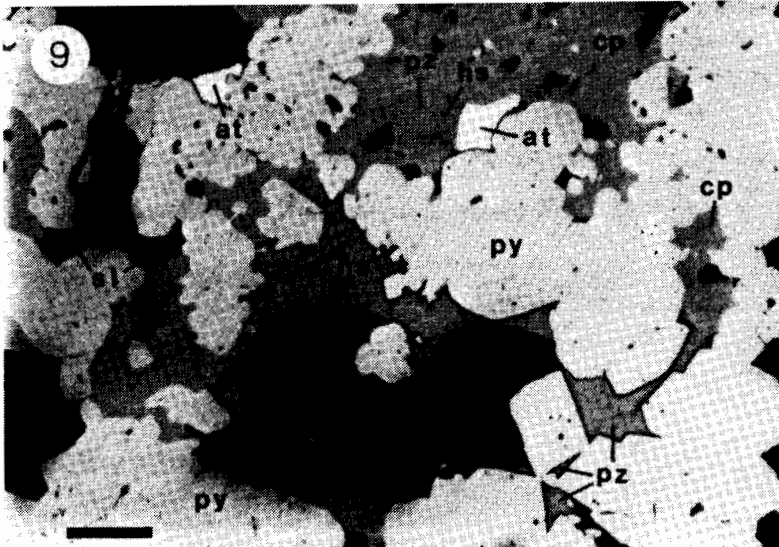


Abb. 9: Petztit (pz), Hessit (hs), Altaït (at) und Zinkblende (sl) am Rand von Pyrit (py); Kupferkies (cp) ist noch zu sehen. Gangart aus Calcit und Quarz (Maßstab = 50 µm).

Fig. 9: Petzite (pz), hessite (hs), altaite (at) and sphalerite (s) at the margin of pyrite (py); chalcocopyrite (cp) can also be recognized. Gangue consists of calcite and quartz (scale bar = 50 µm).

Mineral	Phase I	Phase II	Phase III	Phase IV
Quarz				
Amethyst			---	
Serizit			---	
Alunit			---	
Baryt			---	
Pyrit		---	---	
Kupferkies	---		---	
Sphalerit		---	---	
Bleiglanz		---	---	
Tetraedrit			---	
Goldfeldit			---	
Markasit			---	
Covellin			---	
Enargit			---	
Gold				---
Tetradymit			---	
Hessit			---	

Abb.10: Paragenetisches Schema der Mineralisationsphasen im Bereich der Goldvererzung von Konos.

Fig.10: Paragenetic sequence indicating mineralizing stages at the Au-mineralization of Konos.

Das Material aus der Phase IVa zementiert, verdrängt und umschließt die Erze der Phase III. Die Nebengesteinsalterationen der Phase IVa sind "sericitic-chloritic", "propylitic" und "sericitic". Der Phase IVa folgt klarer grobkristalliner Calcit und Pyrit (Phase IVb).

Phase V: Die fünfte Mineralisationsphase setzte sich nach einer hydraulischen Brekzierung der "uggy silica"-Zonen ab, wobei sich inner- und unterhalb dieser Zonen Amethyst/Chalzedon-Gänge gebildet haben. Diese Phase besteht aus Pyrit, Zinkblende, Bleiglanz, Kupferkies, Markasit, Hämatit und Baryt als zusätzliche Gangart. Charakteristisch für die Phase ist die Wechsellagerung von Bändern aus kolloidalem Chalzedon und gutauskristallisiertem Amethyst oder klarem Quarz. Mit den Gängen der Phase V ist eine starke Adularisierung (gelegentlich Serizitisierung) der Nebengesteine verbunden.

Gangmineralisation von Konos

Aus dem Bohrmaterial (GS12, GS15, s. Abb.2) das uns von I.G.M.E. zur Verfügung gestellt wurde, konnten im Gangmaterial hauptsächlich 3 Mineralisationsphasen unterschieden werden

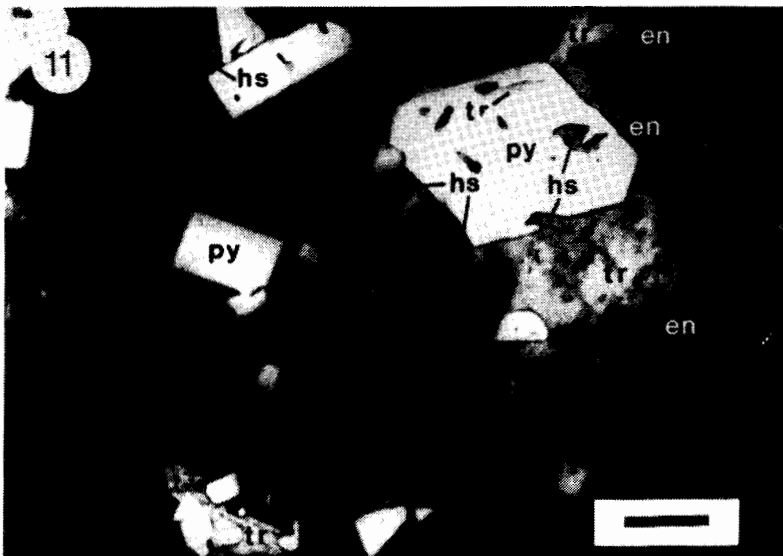


Abb.11: Bi- und Ag-Telluride aus der Enargit-führenden Paragenese von Konos: Tetradymit (tr), Hessit (hs) und Enargit (en) vergesellschaftet mit Pyrit (py). (Maßstab = 20 µm).

Fig.11: Bi- and Ag-tellurides from the enargite-rich assemblage of Konos: tetradymite (tr), hessite (hs) and enargite (en) are associated with pyrite (py). (Scale bar = 20 µm).

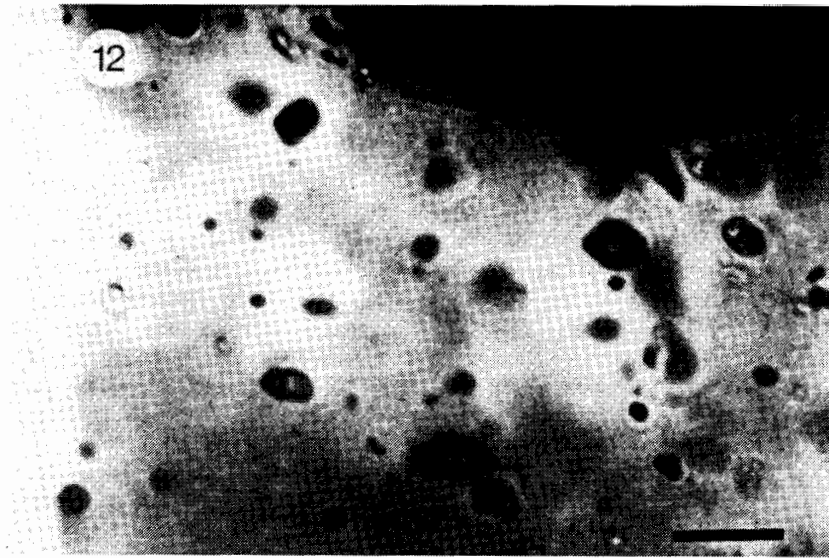


Abb.12: Einschlüsse des Typ B in Calcit (Maßstab = 15 µm).

Fig.12: Fluid inclusions of type B in calcite (scale bar = 15 µm).

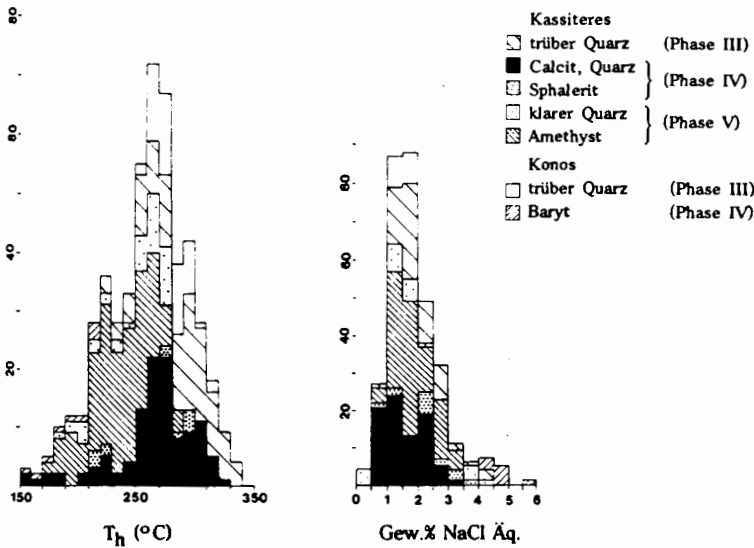


Abb.13: Histogramme der Homogenisierungstemperaturen und Salinitäten aller Flüssigkeitseinschlüsse aus Kassiteres/Konos.

Fig.13: Histogramms of homogenization temperatures and salinities of all fluid inclusions from Kassiteres/Konos.

Bleiglanz und Fe-arme Zinkblende vergesellschaftet. Trüber bis klarer Quarz (gelegentlich Amethyst), Alunit und Serizit ergänzen die Gangparagenese der Phase III. Eine vierte Mineralisationsphase (Phase IV) bilden nach mündlicher Mitteilung von K. Michael, I.G.M.E. Xanthi, goldhaltige Baryt-Gänge in

(Abb.10). Phase I enthält massiven mikrokristallinen Quarz mit Pyrit. Phase II besteht aus den Sulfiden Pyrit, Kupferkies, Zinkblende und Bleiglanz und Phase III aus Sulfiden, Sulfosalzen, Telluriden und gediegen Gold. Kupferkies, Enargit, Tetraedrit, Pyrit, Tetradymit, Hessit und Gold der dritten Mineralisationsphase verdrängen und umschließen die älteren Sulfide der Phase II. Mit ihnen sind

diesem Teil des Untersuchungsgebietes. Paragenetische Beziehungen aus der Konos-Vererzung sind in der Abb.11 dargestellt.

MIKROTHERMOMETRISCHE UNTERSUCHUNGEN

Es sind Flüssigkeitseinschlüsse aus 45 polierten Dickschliffen von Kassiteres und Konos untersucht worden, um die Bildungsbedingungen der Erzminerale (Erzparagenese) und den Charakter der hydrothermalen Lösungen sowie ihre Variation in Raum und Zeit zu bestimmen. Insgesamt wurden 505 Messungen der Homogenisierungstemperaturen (Th), 319 Messungen der Schmelztemperaturen des Eises (Tm) an primären, pseudosekundären und an einigen sekundären Einschlüssen (eingeteilt nach den Kriterien von Roedder, 1979, 1984) aus Quarz, Amethyst, Calcit, Baryt und Zinkblende unterschiedlicher Gangmineralisationsphasen im Gebiet von Kassiteres/Konos durchgeführt. Die Messungen wurden mit einem CHAIXMECA Heiz- und Kühltisch vorgenommen. Die Wiederholung der Messungen zeigte eine Genauigkeit von $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ für die Tm-Werte und $\pm 2^{\circ}\text{C}$ für die Th-Werte.

Es wurden folgende Typen von Flüssigkeitseinschlüssen identifiziert:

Typ A: Zweiphasige, flüssigkeitsreiche Einschlüsse, bestehend aus einer dominierenden flüssigen Phase und einer Gasblase, welche 10 -30 % des gesamten Einschlußvolumens einnimmt. Diese sind am häufigsten zu beobachten.

Typ B: Einphasige (nur aus Gas bestehende) Einschlüsse und zweiphasige Gas-Flüssigkeits-Einschlüsse mit variierenden Gas-Flüssigkeits-Verhältnissen. Sie kommen in Calcit/Quarz der Phase IVa und in Amethyst der Phase V vor (Abb.12).

Typ C: Dreiphasige, flüssigkeitsreiche Einschlüsse (Flüssigkeit, Gas, feste Phase) mit konstantem Gas/Flüssigkeits-Verhältnis (ca. 20:80 %). Die Tochterminerale zeigten keine Veränderung beim Aufheizen bis 400°C . Bei der festen Phase handelt es sich vermutlich um Silikate.

Die Größe der Einschlüsse schwankt zwischen $4\ \mu\text{m}$ und $60\ \mu\text{m}$, die Mehrzahl aber ist kleiner als $20\ \mu\text{m}$. Homogenisierungstemperaturen (Th), Schmelztemperaturen des Eises (Tm) und Salinitätswerte, berechnet aus den Tm-Werten im System NaCl-H₂O nach Potter et al. (1978), sind in der Tabelle 1 aufgelistet. Histogramme der Th-Werte und Salinitäten aller Flüssigkeitseinschlüsse aus Kassiteres/Konos sind in der Abb.13 dargestellt. Für die Homogenisierungstemperaturen gemessen bei Kassiteres/Konos, wurde keine Druckkorrektur vorgenommen. Wegen der niedrigen Homogenisierungstemperaturen/Salinitäten wäre die Druckkorrektur weniger als 10°C (Potter, 1977).

Mikrothermometrische Daten aus den Gangmineralisationen von Kassiteres

Phase I: Wegen der mikrokristallinen Natur der Quarze war dieses Material für mikrothermometrische Untersuchungen ungeeignet. Nur ein einziger flüssigkeitsreicher Einschluß in Quarz konnte gemessen werden. Die Homogenisierungstemperatur lag bei 231°C .

Phase II: In grobkristallinem Gang-Typ-Alunit dieser Phase bei Panagitsa war kein Einschluß zu finden. Drei primäre, flüssigkeitsreiche Einschlüsse in Alunit-Rhomboeder aus der "vuggy silica" in der Nachbarschaft der Alunit-führenden Gänge ergaben Th-Werte zwischen 211° und 248°C und einen Tm-Wert von -1.2°C . Die Salinität liegt bei 2.1 Gew.% NaCl Äq.

Phase III: Quarze dieser Mineralisationsphase enthalten flüssigkeitsreiche Einschlüsse vom Typ A. Einschlußmessungen lieferten ein breites Spektrum von Homogenisierungs- und Schmelztemperaturen: Die Th-Werte variieren von 226° bis 339°C und die Tm-Werte von -0.6° bis -2.7°C . Die Tm-Werte entsprechen

Tabelle 1: Mikrothermometrische Daten aus Gangmaterial von Kassiteres / Konos.
Table 1: Fluid inclusion data of vein material from Kassiteres / Konos

Probe	Phase	Mineral	Einschl. Typ	Anzahl	Th (°C)		Anzahl	Tm (°C)		Salinität (Gew. % NaCl)		Kommentare
					Bereich	Mittelwert		Bereich	Mittelwert	Bereich	Mittelwert	
KASSITERES												
656	v.s.	alu	A	3	211-248	224	3	-1.2	-1.20	2.1	2.1	
514	I	qz	A	1	231	231	0	nb	nb	nb	nb	
324	III	qz	A	6	271-299	288	6	-1.0 bis -1.3	-1.13	1.7-2.2	1.9	
398	III	qz	A	9	292-336	315	2	-2.5 bis -2.7	-2.60	4.2-4.5	4.3	necking
414	III	qz	A	8	230-255	241	5	-1.3 bis -1.7	-1.50	2.2-2.9	2.6	
430	III	qz	A	8	248-263	257	3	-0.8 bis -1.2	-0.97	1.4-2.1	1.7	
436	III	qz	A	19	276-317	294	13	-0.7 bis -1.5	-1.06	1.2-2.6	1.8	necking
437	III	qz	A	13	289-328	308	7	-0.9 bis -2.5	-1.36	1.6-4.2	2.3	
439	III	qz	A	2	280-297	287	1	-1.3	-1.30	2.2	2.2	
453	III	qz	A	11	295-339	319	5	-1.6 bis -2.4	-1.90	2.7-4.0	3.2	
461	III	qz	A	8	242-286	267	5	-1.4 bis -1.5	-1.44	2.4-2.6	2.5	
465	III	qz	A	11	256-313	294	11	-0.6 bis -0.9	-0.73	1.1-1.6	1.3	necking
476	III	qz	A	3	226-262	239	2	-0.8 bis -0.9	-0.85	1.4-1.6	1.5	
491	III	qz	A	9	257-291	275	3	-0.8 bis -1.0	-0.93	1.4-1.7	1.6	
514	III	qz	A	6	261-297	276	4	-0.7 bis -1.0	-0.93	1.2-1.7	1.6	
KP663	IVa	qz	A	10	261-302	280	3	-0.8 bis -1.2	-1.07	1.4-2.1	1.8	
263	IVa	qz, sl	A	25	255-301	276	17	-0.7 bis -1.5	-1.14	1.2-2.6	2.0	
336	IVa	cc, qz	B	32	251-296	269	28	-0.4 bis -1.8	-0.95	0.7-3.0	1.6	Sieden
353	IVa	cc, qz	B	15	268-325	297	8	-0.4 bis -1.0	-0.54	0.7-1.7	0.9	Sieden
526	IVa	cc, sl	B	22	202-252	224	27	-0.4 bis -2.1	-1.09	0.7-3.5	1.9	
898	IVa	cc, qz	B	14	245-314	287	7	-0.8 bis -1.3	-0.97	1.4-2.2	1.7	Sieden
898	IVb	cc	A	7	152-185	171	6	-0.3 bis -0.4	-0.32	0.5-0.7	0.6	
288	V	ameth	C	11	267-282	272	8	-0.7 bis -1.0	-0.81	1.2-1.7	1.4	
347	V	ameth	A	13	244-271	256	12	-0.8 bis -1.1	-0.97	1.4-1.9	1.7	
363	V	ameth	A	9	216-256	229	5	-1.7 bis -1.8	-1.76	2.9-3.0	3.0	necking
373	V	qz	A	6	195-221	207	2	-0.6 bis -0.8	-0.70	1.0-1.4	1.2	
378	V	qz	A	1	181	181	1	-1.4	-1.40	2.4	2.4	
469	V	qz	A	11	251-275	263	5	-2.2 bis -2.6	-2.28	3.7-4.3	3.8	
485	V	qz	A	6	257-268	263	6	-1.1	-1.10	1.9	1.9	
494	V	qz	B	5	205-250	219	2	-1.6	-1.60	2.7	2.7	Sieden
495	V	ameth	B	25	210-263	232	16	-0.6 bis -1.2	-0.71	1.0-2.1	1.2	Sieden
510	V	ameth	A	15	209-269	245	8	-0.7 bis -1.3	-0.97	1.2-2.2	1.7	necking
513	V	ameth	A	12	224-253	232	6	-0.7 bis -0.9	-0.80	1.2-1.6	1.4	
514	V	qz	A	9	267-296	276	4	-0.7	-0.70	1.2	1.2	
802	V	qz	A	8	198-256	227	6	-0.2 bis -0.7	-0.30	0.4-1.2	0.5	necking
812	V	ameth	B	11	193-251	223	10	-1.3 bis -2.1	-1.72	2.2-3.5	2.9	Sieden u./o. necking
818	V	ameth	B	11	228-285	248	4	-1.0 bis -1.1	-1.05	1.7-1.9	1.8	Sieden u./o. necking
886	V	ameth	B	9	196-250	225	5	-0.3 bis -1.7	-0.86	0.5-2.9	1.5	Sieden
888	V	ameth	B	15	212-277	239	13	-0.5 bis -1.7	-1.05	0.9-2.9	1.8	Sieden
900	V	ameth	B	13	252-289	263	10	-0.9 bis -1.7	-1.15	1.6-2.9	2.0	Sieden
KP627	V	ameth	A	13	174-210	189	5	-1.2	-1.20	2.1	2.1	necking
KONOS												
GS12-A	III	qz	C	32	260-313	282	7	-0.7 bis -1.0	-0.91	1.2-1.7	1.6	necking
K01	III	qz	A	19	257-294	276	9	-0.7 bis -0.9	-0.78	1.2-1.6	1.3	
KP665	IV	bar	A	6	159-200	180	5	-2.5 bis -2.9	-2.74	4.2-4.8	4.5	necking
K02	IV	bar	A	3	215-218	217	4	-2.7 bis -3.4	-3.00	4.5-5.5	4.9	necking

Abkürzungen:

alu = Alunit; qz = Quarz; sl = Sphalerit; cc = Calcit; ameth = Amethyst; bar = Baryt; v.s. = "vuggy silica";
 nb = nicht bestimmt. Alle Einschlüsse sind primär/pseudosekundär, mit Ausnahme der Proben KP 665 und
 KO 2, in denen sekundäre Einschlüsse gemessen wurden.

Salinitäten der hydrothermalen Lösungen von 1.1 bis 4.5 Gew. % NaCl Äq.

Phase IV: Th- und Tm-Werte der Hauptmineralisationsphase IVa wurden aus primären und pseudosekundären Einschlüssen in Calcit, Quarz und Sphalerit entnommen. Die Th-Werte liegen zwischen 202° und 325°C, die Tm-Werte zwischen -0.4° und -2.1°C. Die Salinität der hydrothermalen Lösungen variiert von 0.7 bis 3.5 Gew. % NaCl Äq. Calcit, Quarz und Sphalerit aus drei Proben südlich von Panagitsa enthalten Einschlüsse des Typ B. Klarer, grobkristalliner Calcit aus der Phase IVb ergab Th-Werte zwischen 152° und 185°C und Tm-Werte zwischen -0.3° und -0.4°C. Die Salinität liegt bei 0.5 bis 0.7 Gew. % NaCl Äq.

Phase V: In Amethysten und klaren Quarzen der fünften Mineralisationsphase waren Einschlüsse aller oben genannten Typen zu finden. Die einzige aus Konos stammende Amethyst-Probe, die von K. Michael zu Verfügung gestellt wurde, wird

auch hier mit berücksichtigt. Die meisten Proben enthalten primäre/pseudosekundäre Einschlüsse des Typ B. Amethyst und Quarze dieser Mineralisationsphase zeigen Homogenisierungstemperaturen zwischen 174° - 296°C, die Tm-Werte liegen zwischen -0.3° und -2.6°C. Für die Phase V beträgt die Salinität der hydrothermalen Lösungen 0.5 bis 4.3 Gew.% NaCl Äq.

Mikrothermometrische Daten aus der Mineralisation von Konos

Primäre Einschlüsse in Quarzen aus der dritten Mineralisationsphase bei Konos ergaben Th-Werte zwischen 257° und 313°C und Tm-Werte zwischen -0.7 und -1.0°C (s. Tabelle 1). Die Werte entsprechen einer Salinität von 1.2 bis 1.7 Gew.% NaCl Äq.

Sekundäre Einschlüsse in Baryten aus den Baryt-Gängen und Brekzien der Phase IV homogenisierten im Intervall von 159° bis 218°C. Die Tm-Werte liegen zwischen -2.5°C und -3.4°C. Die entsprechenden Salinitäten (4.2 bis 5.5 Gew.% NaCl Äq) sind die höchsten Salinitäten im gesamten Gebiet Kassiteres/Konos. In den Proben von Konos wurden keine Einschlüsse des Typ B festgestellt.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die mikrothermometrischen Daten zeigen, daß die epithermalen Gangmineralisationen von Kassiteres/Konos bei Temperaturen zwischen 150° und 340°C und Salinitäten der hydrothermalen Lösungen von 0.50 bis 5.50 Gew.% NaCl Äq. zum Absatz kamen. Edelmetalle wurden in beiden Au-Ag-Mineralisationen von mittel temperierten (250° - 315°C) und niedrig salinaren (0.7 - 3.0 Gew.% NaCl Äq.) Lösungen, von vermutlich größtenteils aufgeheizten meteorischen Wässern, zugeführt (Voudouris & Arikas, 1993). Der erhöhte Wärmefluß zur Entwicklung der hydrothermalen Konvektion kam wahrscheinlich aus tieferen, noch nicht abgekühlten Teilen der intermediären bis sauren Intrusionen oder ihrer äquivalenten Plutoniten.

Es gibt Hinweise, daß bei Panagitsa während der mineralisierenden Phasen IVa und V Sieden der hydrothermalen Lösungen stattgefunden hat: Das Vorkommen von Gas-Einschlüssen neben Gas-Flüssigkeits-Einschlüssen mit variierenden Gas-Flüssigkeits-Verhältnissen läßt sich, vorausgesetzt daß kein "necking" und/oder Entthermetisierung in niedrigen Temperaturen stattgefunden hat, auf heterogene siedende Lösungen zurückführen (Roedder, 1979, 1984 und Bodnar et al., 1985). Das Fehlen von einphasigen Flüssigkeitseinschlüssen in der Nähe der Einschlüsse des Typs B unterstützt die Annahme, daß letztere aus siedenden Lösungen und nicht nach "necking" gebildet wurden.

Das Vorkommen von Gang-Calcit und Gang-Adular ist ein weiteres Indiz für Sieden: Adular und Calcit werden in den Siedezonen von aktiven geothermischen Systemen (Ellis, 1979) und in den Au-Ag-reichen Zonen epithermaler Lagerstätten gebildet (Hedenquist & Henley, 1985 und Berger & Henley, 1989).

Mischungsprozesse könnten sowohl innerhalb der Calcit- als auch innerhalb der Amethyst-Gänge eine Rolle gespielt haben. Eine Mischung zwischen meteorischen Wässern und aszendenden, heißen hydrothermalen Lösungen wird für die Entstehung der niedrig temperierten/niedrig salinaren Calcite der Phase IVb nicht ausgeschlossen. Obwohl für die Amethyst-Bildung bei Panagitsa Mischungsprozesse anhand der mehr oder weniger konstanten Salinitätswerte nicht befürwortet werden, könnte eine Mischung zwischen sauerstoffreichen, oxidierenden, meteorischen Wässern mit heißen hydrothermalen Lösungen zu Amethyst geführt haben (Fournier, 1985). Die mikrothermometrischen Meßdaten der Au-Ag-Mineralisation von Konos (Phase III) können keine definitive Auskunft darüber geben, ob Siede- oder Mischungsprozesse zur Erzausfällung geführt haben.

Aufgrund der unterschiedlichen Mineralogie werden die Au-Ag-Mineralisationen von Panagitsa, bzw. Konos zu den epithermalen Au-Ag-Vererzungen des "adularia-sericite"-Typs (Voudouris et al., 1991), bzw. denen des "acid-sulfate"-Typs (Michael, 1993) gemäß der Definition von Heald et al. (1987) eingestuft.

- Das Vorkommen von Adular/Serizit, Calcit, Chlorit, das Fehlen von Enargit und der "advanced argillic" Alteration in der Au-Ag-Vererzung von Panagitsa, sowie die Struktur der epithermalen Gänge (Bänderung, Drusenausfüllung, Wechsellagerung zwischen Chalzedon/Amethyst-Bändern in höheren Niveaus) sind typische Merkmale für die Vererzungen des "adularia-sericite" Typs, wie es aus Emperor/Fidji (Ahmad et al., 1987) und Toungyoung/Korea (Shelton et al., 1990) bekannt ist.

- Die Au-Ag-Mineralisation von Konos wird dagegen dem "acid-sulfate" Typ von epithermalen Lagerstätten zugeordnet (Michael, 1993) und ist mit den Vererzungen von Summitville/Colorado (Stoffregen, 1987); El Indio/Chile (Jannas et al., 1990) mineralogisch vergleichbar. Die "advanced argillic" Alteration (Alunit, Serizit, Kaolinit), das Auftreten von Cu-Sulfiden, Cu-Sulfosalzen und Bi-Telluriden sowie das Fehlen von Adular, Chlorit und Calcit in der Konos-Paragenese sind charakteristisch für diesen Lagerstättentyp.

- Die buntmetallreichen Gänge der Phasen III, IV und V von Kassiteres (Saporema bis Sykorachi) werden ebenfalls, wie die Au-Ag-Vererzung von Panagitsa, den Vererzungen des "adularia-sericite"-Typs zugeordnet. Die mit der "advanced argillic" Alteration assoziierten Gänge der Phase I und II von Kassiteres könnten hingegen als "acid-sulfate"-Typ klassifiziert werden. Zu den Gängen des "adularia-sericite"-Typs gehören ebenfalls die Amethyst/Chalzedon-führenden Vererzungszonen aus der Nachbarschaft der Au-Mineralisation von Konos (s. Abb.2), die der Phase V von Kassiteres entsprechen.

Das Auftreten von Vererzungen des "adularia-sericite"- und des "acid-sulfate"-Typs in enger Nachbarschaft - wie bei Kassiteres/Konos - wurde bisher nur in sehr wenigen Vorkommen beobachtet. Lake City/Colorado (Heald et al., 1987) und Baguio District/Philippinen (Comsti et al., 1990) seien hier als Beispiele genannt.

Es läßt sich daraus folgern, daß im Gebiet Kassiteres/Konos für die Bildung der Vererzungen des "adularia-sericite"- und des "acid-sulfate"-Typs vermutlich zwei hydrothermale Mineralisations-systeme beteiligt waren (Voudouris, 1993). Die epithermalen Mineralisationsereignisse entwickelten sich nach Abnahme der magmatisch-hydrothermalen Aktivität des Porphyry-Cu-Systems.

In den griechischen Südost-Rhodopen kommen die Au-Ag-Mineralisationen des "acid-sulfate"- und des "adularia-sericite"-Typs von Kassiteres/Konos in der Peripherie des Kirki-Essimi-Beckens und in einem terrestrischen Milieu vor. Terrestrische Vulkanitfelder in dieser Region mit ähnlichen Alterationen wie bei Kassiteres/Konos (z.B. Umgebung von Levkimi-Soufli, Sykorachi-Peramapetrota, Pefka, aber auch in anderen Arealen Thrakiens) stellen ein großes Potential für zukünftige Au-Prospektionen dar.

DANKSAGUNG

Diese Arbeit wurde im Rahmen eines Stipendiums der griechischen Stipendiumsstiftung I.K.Y. zugunsten Herrn Voudouris finanziell gefördert.

Wir danken Herrn Dr. K. Michael (I.G.M.E. Xanthi) für das zur Verfügung gestellte Proben- und Kartenmaterial aus dem Bereich der Au-Vererzung von Konos sowie für den Erfahrungs- und Gedankenaustausch.

LITERATURVERZEICHNIS

AHMAD, M., SOLOMON, M. and WALSHE, J.L. (1987). Mineralogical and geochemical studies of the Emperor gold telluride deposit, Fiji. - *Econ. Geol.*, 82, 345-370.

- ARIKAS, K. (1979b). Ein porphyrisches Mo-Cu-Vorkommen bei Kirki (Thrakien, Nordgriechenland. - *N. Jb. Miner. Abh.*, 137 (1) 74-82.
- ARIKAS, K. (1981). Subvulkanisch-hydrothermale Mo-Bu-Zn-Pb-Vererzungen, S.E. Rhodopen, Nordgriechenland: Petrographie und Geochemie. - *Tschermaks Min. Petr. Mitt.*, 28, 189-205.
- ARIKAS, K. (1991). Das Porphyry-Mo-Vorkommen in Pagoni Rachi (N.E.-Kirki) und die mineralogische Zuordnung der hydrothermalen Alterationen von Subvulkaniten im Gebiet zwischen Kirki und Esimi (Kreis Evros). - *Geol. Soc. Greece Bull.*, 25 (2), 259-274.
- BERGER, B.R. and HENLEY, R.W. (1989). Advances in the understanding of epithermal gold-silver deposits, with special reference to the western United States. In KEAYS, R., RAMSAY, R., GROVES, D. (ed.) *The geology of gold deposits: The perspective in 1988*. - *Econ. Geol. Mon.*, 6, 405-423.
- BODNAR, R.J., REYNOLDS, T.J. and KUEHN, C.A. (1985). Fluid inclusion systematics in epithermal systems. - *Rev. Econ. Geology*, 2, 73-97.
- COMSTI, M.E.C., VILLONES, R.I., JR. DE JESUS, C.V., NATIVIDAD, A.R., ROLLAN, L.A. and DUROY, A.C. (1990). Mineralization at the Kelly Gold Mine, Baguio District, Philippines: fluid-inclusion and wall-rock alteration studies. In HEDENQUIST, J.W., WHITE, N.C., SIDDELEY, G. (ed.). *Epithermal Gold Mineralization of the Circum-Pacific: Geology, Geochemistry, Origin and Exploration*. - *I. Jour. Geochem. Explor.*, 35, 341-362.
- DEL MORO, A., INNOCENTI, F., KYRIAKOPOULOS, C., MANETTI, P. and PAPADOPOULOS, P. (1988). Tertiary granitoids from Thrace (Northern Greece): Sr isotopic and petrochemical data. - *N. Jb. Miner. Abh.*, 159, 113-135.
- ECONOMOU, C., MARCOPOULOS, T. and SIDERIS, C. (1982). Sur le phenomenes d'alteration de la plutonite des Kassitera (Grece du Nord). - *Geol. Soc. Greece Bull.*, 14 (2), 5-12.
- ELLIS, A.J. (1979). Explored geothermal systems. In BARNES, H.L. (ed.). *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*. - New York, Wiley Interscience, 632-683.
- FOURNIER, R.O. (1985). The behaviour of silica in hydrothermal solutions. In BERGER, B.R. and BETHKE, P.M. (ed.). *Geology and Geochemistry of Epithermal Systems*. - *Rev. Econ. Geology*, 2, 45-61.
- HEALD, P., FOLEY, N.K. and HAYBA, D.O. (1987). Comparative anatomy of volcanic-hosted epithermal deposits: Acid-sulfate and adularia-sericite types. - *Econ. Geol.*, 82, 1-26.
- HEDENQUIST, J.W. and HENLEY, R.W. (1985). The importance of CO₂ on freezing point measurements of fluid inclusions: Evidence from active geothermal systems and implications for epithermal ore deposition. *Econ. Geol.*, 80, 1379-1406.
- JANNAS, R.R., BEANE, R.E., AHLER, B.A. and BROSNAHAN, D.R. (1990). Gold and copper mineralization of the El Indio deposit, Chile. In HEDENQUIST, J.W., WHITE, N.C., SIDDELEY, G. (ed.). *Epithermal Gold Mineralization of the Circum-Pacific: Geology, Geochemistry, Origin and Exploration*. - II. *Journ. Geochem. Explor.*, 36, 233-266.
- KOPP, K.O. (1961). Geologie Thrakiens I: Beschreibung und Vergleich intramontaner Tertiärsenken beiderseits des Marmara-Meeres. - *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 112, 325-382.
- MEYER, C. and HEMLEY, J.J. (1967). Wall rock alteration. In BARNES, H.L. (ed.). *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*. - New York, Holt, Rinehart and Winston, 166-235.
- MICHAEL, K., PAPADOPOULOS, P., MARANTOS, I. and EVANGELOU, E. (1988). Epithermal Au-mineralizations in the Konos area, Eastern Rhodope. - *Int. Report*,
 Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Γεώργιος Παρθένης" - Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.

- I.G.M.E. Xanthi, 29 (in greek).
- MICHAEL, K. (1993). Geology and geochemistry of epithermal gold deposit in Konos area. - *Int. Report, I.G.M.E. Xanthi*, 75 (in greek).
- PAPADOPOULOS, P. (1982). Geological map of Greece, Maronia sheet, scale 1:50.000. - *I.G.M.E. Athens*.
- POTTER, R.W. (1977). Pressure corrections for fluid inclusion homogenization temperatures based on the volumetric properties of the system NaCl-H₂O. - *U.S. Geol. Survey Jour. Research*, 5, 603-607.
- POTTER, R.W., CLYNNE, M.A. and BROWN, D.L. (1978). Freezing point depressions of aqueous sodium chloride solutions. - *Econ. Geol.*, 73, 284-285.
- RENTZEPERIS, P. (1956). Tertiary volcanic rocks of Evros county (W. Thrace). - *Unpub. Ph. D. thesis, Univ. Thessaloniki*, 79 (in greek).
- ROEDDER, E. (1979). Fluid inclusions as samples of ore fluids. In BARNES, H.L. (ed.). *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*. - New York, Wiley-Interscience, 684-737.
- ROEDDER, E. (1984). Fluid inclusions. In RIBBE, P.H. (ed.). *Mineralog. Soc. America*. - *Rev. in Mineralogy*, 12, 644.
- SHELTON, K.L., CHIL-SUP SO, HAEUSSLER, G.T., SE-JUNG CHI and KYEONG-YONG LEE (1990). Geochemical studies of the Tongyoung gold-silver deposits, Republic of Korea: Evidence of meteoric water dominance in a Te-bearing epithermal system. - *Econ. Geol.*, 85, 1114-1132.
- STOFFREGEN, R. (1987). Genesis of acid-sulfate alteration and Au-Cu-Ag mineralization at Summitville, Colorado. - *Econ. Geol.*, 82, 1575-1591.
- VOUDOURIS, P., MICHAEL, K., ARIKAS, K. (1990). Ein Porphyry-Cu-Vorkommen und periphere epithermale Alterationen in Kassiteres/Sape (Thrakien, Nordgriechenland). - *Eur. Jour. Miner.*, 2, Beih.1, 271.
- VOUDOURIS, P., MICHAEL, K., ARIKAS, K. (1991). Epithermale Au-Ag-Telluride bei Kassiterew/Sape (Thrakien, Nordgriechenland): *Eur. Jour. Miner.*, v. 3, Beih. 1, p. 283.
- VOUDOURIS, P. and ARIKAS, K. (1993). Epithermale Au-Ag-Mineralisationen des "adularia-sericite"- und "acid-sulfate"-Typs bei Kassiteres/Sape (Thrakien, Nordgriechenland). - *Eur. Jour. Miner.*, 5, Beih.1, 233.
- VOUDOURIS, P. (1993). Mineralogische, mikrothermometrische und geochemische Untersuchungen an epithermalen Au-Ag-Gangmineralisationen bei Kassiteres/Sape, NE-Griechenland. - *Unveröffentl. Dissertation, Universität Hamburg*, 218.