

Carinthia II	182./102. Jahrgang	S. 467–488	Klagenfurt 1992
--------------	--------------------	------------	-----------------

Spektralanalytische Untersuchungen an ur- und frühgeschichtlichen Metallobjekten aus Kärnten und deren Interpretation aus bergbau- historischer Sicht

Von Heinz NEUNINGER

Mit 15 Tabellen

Dem Gedenken an Richard PITTIONI (1906–1985)
und Ernst PREUSCHEN (1898–1973),
der Pioniere der indirekten Bergbauforschung in Österreich

Zusammenfassung: Anhand der spektralanalytischen Herkunftsbestimmungen von urzeitlichen Metallfunden werden durch die Untersuchung von Erzen und Schlacken die frühen Handelswege der Metalle in Mitteleuropa mit besonderem Hinblick auf Kärntner Material gezeigt.

EINLEITUNG

Der frühe technische Fortschritt der Menschheit ist durch eine Reihe von Schüben gekennzeichnet: So markierte der Übergang vom nomadisierenden Jäger zum sesshaften Bauern, das Erfinden von keramischen, durch Brennen dauerhaft gemachten Vorrats- und Gebrauchsgefäßen, und nicht zuletzt der Gebrauch von Metallobjekten Entwicklungsstufen, die jeweils für viele spätere Generationen bestimmend waren; nicht von ungefähr werden wichtige Epochen der Menschheitsgeschichte als Bronze- oder Eisenzeit charakterisiert (Tab. 1). Diese Abschnitte der Menschheitsgeschichte wurden, seit die Urgeschichte als eigene Forschungsdisziplin entstand, intensiv typologisch untersucht, so daß eine zeitliche Einordnung von Funden heute kaum mehr Schwierigkeiten bereitet.

Tab. 1: Zeittafel für Mitteleuropa

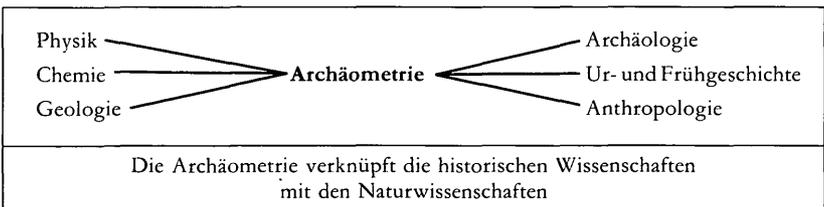
	Arbeitsgerät	Zeitraum
Lithikum	Feuerstein, Hornstein	bis etwa 3500 v. Chr.
Keramikum	Ton	von etwa 3500 v. Chr. bis etwa 1700/1500 v. Chr.
Metallikum: Bronzezeit Eisenzeit	Kupfer, Bronze Eisen	von etwa 1800 v. Chr. bis etwa 750/500 v. Chr. von etwa 750/500 vor Chr. bis etwa Christi Geburt

Als die ersten den Menschen bekannten Metalle werden Gold und Kupfer angesehen, ihr frühestes Auftreten konnte um das 8. Jahrtausend v. Chr. im Nahen Osten nachgewiesen werden (HENSELING 1981).

Sie wurden zunächst in ihrer natürlich vorkommenden gediegenen Form verarbeitet, oxidische Kupfererze wurden ab etwa 3000 v. Chr., sulfidische, nach Rösten, ab etwa 2000 v. Chr. verhüttet. Die Urgeschichte hat lange vernachlässigt, welche kulturschaffende Kraft dem frühen Berg- und Hüttenwesen zukommt. Die Bedeutung technikgeschichtlicher Aspekte blieb lange unerkannt, wie die bergmännischen Methoden oder die technischen Verfahren der Verhüttung. Wirtschaftliche Gesichtspunkte oder Handelswege wurden vorwiegend auf geisteswissenschaftlicher Basis behandelt.

Seit den dreißiger Jahren dieses Jahrhunderts haben sich eine Reihe von naturwissenschaftlichen Arbeitsrichtungen in den Dienst der urgeschichtlichen Forschung gestellt: Das neue Fach Archäometrie beschäftigt sich in wissenschaftlicher Auseinandersetzung mit den Werkstoffen kulturgeschichtlicher Objekte. Neben der Identifizierung metallischer und nichtmetallischer Werkstoffe sind ihre Ziele u. a. die Rekonstruktion ihrer Technologie, die Feststellung ihrer regionalen Herkunft und die Ableitung wirtschaftlicher Entwicklungen (Tab. 2); naturwissen-

Tab. 2: (WAGNER und ZÖLLER, 1987)



schaftliche Befunde können die Sichtweite ausdehnen und zur Überprüfung bisheriger Hypothesen beitragen.

In Österreich hat sich die urchenichtliche Forschung naturwissenschaftlicher Disziplinen bedient, um unter anderem der Frage nach der lagerstättenmäßigen Herkunft des Rohstoffes von Metallobjekten nachzugehen.

Die Arbeitsgruppe in Wien unter PITTIONI hat sich einige Jahrzehnte mit spektralanalytischen Untersuchungen von urzeitlichen Metallobjekten befaßt; ihre Ergebnisse finden sich relativ weit verstreut in der Fachliteratur. Um einmal für ein Bundesland eine regionale Übersicht zu erhalten, werden hier die Ergebnisse der an Kärntner Fundobjekten aus Kupfer (und seinen Legierungen) sowie aus Blei durchgeführten Untersuchungen zusammengefaßt und in ihrer Bedeutung für die frühen Handelsbeziehungen gezeigt.

PROBLEMSTELLUNG

Bereits früh hat sich die österreichische Urgeschichtsforschung mit der Untersuchung urzeitlich abgebauter Kupfererz-Lagerstätten befaßt, wie das Beispiel des Mitterbergs zeigt, wo schon 1843 im Zuge von Aufschließungsarbeiten der Mitterberger Cupfer-Gewerkschaft die „Verhau des Alten Mannes“, die Gruben der urzeitlichen Bergleute, zum Vorschein kamen, und der Lagerstätte Kelchalm bei Kitzbühel, wo 1931 die kartographische Erfassung der über Tage sichtbaren Spuren des prähistorischen Bergbaues, wie Pinggen und Scheidehalden, begann.

Aber darüber hinaus stellte sich dann auch, in Anbetracht der großen Zahl von urzeitlichen Kupfer- und Bronzeobjekten, die Frage nach den Handelswegen der Alten: Sollte es eine Möglichkeit geben, diese Wege – außer durch typologische Zuordnungen, die z. B. durch Umschmelzen beeinflußt werden konnten – zu ergründen (PITTIONI 1964)?

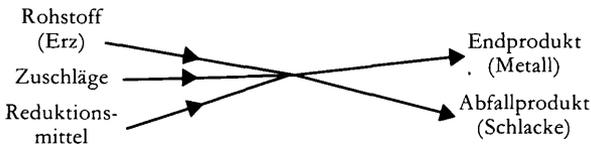
Vorarbeiten in dieser Richtung gab es nur wenige. Die Spektralanalyse, erst Anfang der dreißiger Jahre zu technischer Reife entwickelt, wurde wenige Jahre später bereits zur Untersuchung urzeitlicher Metallfunde angewendet (NODDACK 1934; WINKLER 1935; WITTER 1940); auch in Österreich gab es bald erste Berichte über Analysen von Bronzeobjekten von der Kelchalm (PESTA 1937).

Nach kriegsbedingter Unterbrechung dieser Arbeiten erschienen bald wieder weitere Arbeiten in Deutschland (OTTO und WITTER 1952) und Österreich (PITTIONI 1949), letztere über Bronzen aus Hallstatt. Aber nur die aus Österreich stammende Arbeit warf das Problem der Anwendung dieser Analysen zur Herkunftsbestimmung des Rohstoffes auf, eine Pro-

blematik, die bald das zentrale Thema der Wiener Arbeitsgruppe (Richard PITTIONI – Urgeschichte, Ernst PREUSCHEN – Lagerstättenkunde, und Heinz NEUNINGER – Analytiker) wurde.

Unter der Initiative von PITTIONI, der den Brückenschlag von der „direkten“, im Gelände durchgeführten, zur „indirekten“, im Labor durchgeführten Bergbauforschung vollzog, wurden in Österreich mehr als 50 Jahre lang Untersuchungen durchgeführt mit dem Ziel, durch eine vollständige systematische analytische Erfassung der Kette Erz – Verhüttungsreste – Metall aus dem metallischen Fertigobjekt Hinweise auf die Lagerstätte, auf das Erz und damit auch auf die Handelsbeziehungen dieser Zeiten zu erhalten.

Will man diesen Weg verfolgen, muß man sich den grundsätzlich für alle Metalle geltenden Produktionsweg vor Augen führen:



Daraus ergibt sich, daß die Anzahl und Menge der für das Erz einer Lagerstätte typischen Begleitelemente (= Spuren) gleich sein muß der Summe der Begleitelemente im Metall und in der Schlacke. Die während der Verhüttung in nennenswerten Mengen zugesetzten Stoffe wie Zuschläge („Möller“) und Holzkohle enthalten die metallischen Erzbegleiter nur in zu vernachlässigenden Mengen, daher kann der Weg dieser Begleiter verfolgt werden und der Rückschluß auf die Lagerstätte ist möglich: Das Fertigobjekt spiegelt die charakteristische Spurenführung der Lagerstätte wider!

Das waren die Überlegungen, welche die Wiener Arbeitsgruppe ihren Untersuchungen zugrunde gelegt hat (PITTIONI 1959).

Da man davon ausgehen mußte, daß die Prospektoren der Alten die Lagerstätten durch das Beobachten von oberflächlichen Erzausbissen entdeckten, und danach der Bergbau in oft beachtliche Tiefen ging, mußten möglichst viele Erzproben aus der gesamten Erstreckung einer Lagerstätte sowie Erze von den alten Scheidehalden, im Gelände erkennbar als baumfreie Enklaven, besetzt mit Zeigerpflanzen wie dem zu den Nelkengewächsen gehörenden Taubenkropf (verschiedene Arten von *Silene*) und die aufgrund mitgefundener Keramik datierbar waren, untersucht werden, um die Streubreite der Begleitelemente zu erfassen. Reichenuntersuchungen von Erzen mußten berücksichtigen, daß einerseits der uralte Hüttenprozeß sicher nicht exakt reproduzierbar war, und

andererseits die Zusammensetzung des Erzes bereits über kleine Distanzen variieren kann: Es mußten Durchschnittsanalysen mit entsprechend berücksichtigten Streubereichen für jede Lagerstätte erhalten werden. Man ist daher bereits von Anfang an nicht den Weg über quantitative Analysen gegangen, sondern den einer halbquantitativen Einstufung durch Symbole, ausgehend davon, daß nur der Vergleich des gesamten Spurenmodells, des „impurities pattern“, zielführend sein würde. Aus Einzelinformationen wurde so eine Gesamtinformation erhalten, welche die Grundlage für die Zuordnung bildete. Quantitative Analysen können weiters durch Grenzziehungen zwischen willkürlich gewählten Werten unterschiedliche Kupfergattungen vortäuschen – dieser Fehler wurde hier vermieden.

METHODIK

Als Untersuchungsmethode wurde die Emissionsspektralanalyse im Wechselstromabreißbogen gewählt, weil sie hohe Empfindlichkeit (die Nachweisgrenzen liegen bei Verwendung hochempfindlicher Spektralplatten für die meisten metallischen Elemente bei Tausendstel bis Zehntausendstel %) mit minimalem Materialverbrauch (Probenbedarf für eine Analyse etwa 0,01 g, es können daher auch wertvolle Objekte ohne Beeinträchtigung untersucht werden) und raschem Durchsatz (der Zeitaufwand für 12 Analysen inklusive Auswertung liegt bei etwa zwei Stunden) verbindet. Die Einzelheiten der analytischen Parameter wurden mehrfach veröffentlicht (NEUNINGER und PITTIONI 1957, NEUNINGER 1962).

Die Konzentrationssymbole, die hier verwendet werden, sind folgende:

- nicht nachweisbar
- ? Nachweis fraglich
- Sp sicher nachweisbare Spur
- + geringe Menge
- ++ Nebenmenge
- +++ Hauptmenge

Sie werden nach der Intensität der Nachweislinien zugeordnet, ihre Einstufung erfolgt visuell. Alle Analysen erfolgten unter denselben Bedingungen, die Ergebnisse sind daher vergleichbar.

Nach diesem Verfahren wurden etwa 8000 Erze, Schlacken und Metallobjekte untersucht, und soweit sie mit dem Bereich Kärnten im Zusammenhang stehen, soll hier darüber zusammenfassend berichtet werden.

Die Untersuchungen erstreckten sich zunächst auf Kupfer und seine Legierungen, seit etwa 1978 auch auf Blei.

Eisenobjekte bieten bei der Analyse relativ wenig Information aufgrund der ubiquitär sehr ähnlichen Zusammensetzung von Eisenerzen, die wieder auf der Stellung des Eisens in der elektrochemischen Spannungsreihe beruht: Eisen ist wesentlich unedler als Kupfer, und Versuche mit Eisenerzen zeigten, daß sich keine signifikanten Musterunterschiede finden lassen.

Goldobjekte sind – zumindest für die spektralanalytisch nachweisbaren Elemente – zu arm an kennzeichnenden Spuren.

UNTERSUCHUNGEN VON KUPFER- UND BRONZEFUNDEN

Es gilt heute als sicher, daß das erste für Werkzeuge verwendete Metall das Kupfer war – es ist aber anzunehmen, daß Gold bereits vorher vom Menschen verwendet wurde. Gold, das meist gediegen vorkommt, hat wahrscheinlich durch seine leichte Erkennbarkeit die Aufmerksamkeit der Alten auf sich gezogen (NEUNINGER, PREUSCHEN und PITTIONI 1971), aber seine mechanischen Eigenschaften ließen eine Verwendung als Rohstoff für Werkzeuge nicht zu; doch war es seit alters her das gegebene Tauschobjekt. In Österreich dürfte ein Goldring aus einem spätjungsteinzeitlichen Grab in Neusiedl am See zu den ältesten Goldobjekten gehören (PITTIONI 1947). Die Verarbeitung der kleinen Freigoldfunde erfolgte zunächst durch Hämmern, später durch Zusammenschmelzen.

Einer der ältesten Nachweise von Kupfer wurde in Catal Hüyük (Anatolien) erbracht, wo nicht nur Gediegen Kupfer verarbeitet wurde (MELLAART 1963), sondern im level VI, welcher der 2. Hälfte des 7. Jahrtausends v. Chr. zuzuordnen ist, bereits verhüttet wurde (NEUNINGER, PITTIONI, SIEGL 1964).

In Europa ist die Verarbeitung von Gediegen Kupfer, das sich als Umsetzungsprodukt innerhalb der über dem Grundwasserspiegel liegenden Oxidationszone, der obersten Verwitterungszone einer Kupfererzlagstätte, bildet, am Ende des 3. und am Beginn des 2. Jahrtausends v. Chr. für den slowakisch-ungarisch-rumänischen Raum nachweisbar. Dieses Kupfer ist von hoher Reinheit (DERKOSCH, MAYER, NEUNINGER 1956); es enthält meist nur Spuren von Silber, gelegentlich auch von Blei und Tellur. Das Gediegen Kupfer aus anderen europäischen Vorkommen weist mehr Begleiter auf; aber die Abwesenheit von typischen Erzbegleitern wie Antimon, Wismut und Zinn gibt immerhin die Mög-

Tab. 3: Durchschnittsanalysen von Gediegen Kupfer aus dem slowakisch-ungarisch-rumänischen Raum

	Cu	Ag	As	Au	Pb	Sb	Sn	Te
Slowakei	+++	-/+	-/?	-/?	-/?	-	-/?	-
Ungarn	+++	-/+	-/?	-	-/Sp	-/?	-	-
Rumänien	+++	Sp	-/Sp	-	-/Sp	-/Sp	-	-/+

Tab. 4: Durchschnittsanalysen von kreuzständigen Hacken

Cu	Ag	As	Au	Pb	Sb	Sn	Te
+++	Sp/+	-/Sp	-/Sp	Sp/+	-/+	-/Sp	-/Sp

Tab. 5: Frühmetallzeitliche Kärntner Funde aus Gedingen Kupfer

	Cu	Ag	As	Bi	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Goding, Flachbeil	+++	+	-	-	Sp	-	-	Sp	-
Stiegel, Knaufbeil 1	+++	Sp	-	-	Sp	+	?	?	?
Stiegel, Knaufbeil 2	+++	Sp	Sp	Sp	Sp	-	?	?	-

lichkeit, an Fertigobjekten auf die mutmaßliche Herstellung aus Gedingen Kupfer zu schließen. Die Tab. 3 zeigt Durchschnittsanalysen*) von Gedingen Kupfer aus dem östlichen Raum.

Zu den frühesten Gebrauchsgegenständen aus Kupfer in Europa gehören die kreuzständigen Hacken, deren Fundbereiche Parallelität mit den Vorkommen von Gedingen Kupfer zeigen. Sie sind aufgrund der Analysergebnisse teilweise aus Gedingen Kupfer hergestellt (PITTIONI 1957), wobei es aber viele zeitgleiche, typologisch nicht unterscheidbare Kreuzhacken gibt, bei deren Herstellung verhüttetes Kupfer zumindest beigeengt wurde (Tab. 4).

Auch für Kärnten sind bereits solche frühmetallzeitliche Funde, hergestellt aus Gedingen Kupfer, belegbar: Ein Flachbeil aus Goding, etwa 4000 Jahre alt, zeigt die typische Elementkombination von Gedingen Kupfer; 2 ebenso alte Knaufbeile aus Stiegel (zwischen Bodensdorf und Steindorf) sind wahrscheinlich unter Mitverwendung von Gedingen Kupfer hergestellt worden (NEUNINGER und PITTIONI 1961), wie Tab. 5 zeigt. Diese Objekte lassen erkennen, welche Dimensionen die Handelswege damals bereits hatten.

Depotfunde von Kupfergußkuchen und Ringbarren, deren Fundorte sich bereits über ganz Mitteleuropa erstrecken und die schon aus Kupfererz erschmolzen wurden, kennzeichnen die frühe Bronzezeit. Die Ringbarren sind wahrscheinlich eine Handelsform des Kupfers, durch deren charakteristische Form dem Handelspartner die Qualität hinsichtlich der Gießbarkeit und der Hämmerbarkeit gezeigt werden sollte. Sie bestehen aus einem Kupfer, deren Spurenmuster wesentliche Unterschiede zu den später gezeigten Kupfergattungen aus österreichischen Lagerstätten zeigt, und das als „Ostkupfer“ bezeichnet wird. Es ist gekennzeichnet durch eine größere Menge von Silber sowie geringe Mengen von Antimon, Arsen und Wismut (PITTIONI 1980). Es war bis jetzt allerdings nicht möglich, durch Erzuntersuchungen aus dem slowakisch-ungarischen Gebiet eine nähere Lokalisation der Herkunft des dafür verwendeten

*) Als Durchschnittsanalyse werden in der Folge jene Angaben bezeichnet, welche die Ergebnisse einer größeren Zahl von Untersuchungen an Objekten desselben Fundortes umfassen und daher den Streubereich eines Lagerstättenbereiches bzw. einer größeren Zahl gleichartig zuzuordnender Objekte angeben.

Tab. 6: Durchschnittsanalysen von Kupfermetall östlicher Herkunft

	Cu	Ag	As	Au	Bi	Co	Fe	Ni	Pb	Sb	Sn	Te	Zu
„Ostkupfer“ Ringbarren	+++	++	+ / ++	-	+ / ++	-	+	- / Sp	- / Sp	Sp / ++	- / Sp	-	-
Siebenbürger Kupfer	+++	++	Sp / +	- / Sp	Sp / +	Sp	+	Sp / +	++	Sp / +	Sp	- / Sp	- / Sp

Erzes zu geben; jedoch könnte die Tatsache, daß im Matragebirge größere Mengen von Gediegen Kupfer nachweisbar sind, für dieses Gebiet als Ursprung des Überganges vom Gediegen Kupfer zum verhütteten Kupfer sprechen. Auch die Lagerstätten des Slowakischen Erzgebirges sowie die von Schemnitz, Neusohl oder Recksk kommen als Herkunft in Betracht.

Die Objekte aus diesem „Ostkupfer“ sind zeitlich als Bronzezeit A, etwa 1700 bis 1570 v. Chr., einzuordnen, sie sind die ersten in größerem Maßstab aus Hüttenkupfer hergestellten Objekte. Die Durchschnittsanalysen dieses Kupfers zeigt die Tab. 6. Funde dieses Kupfertypus finden sich als Depotfunde in NÖ. (PITTONI 1957), OÖ., Salzburg, Böhmen-Mähren und Rumänien (NEUNINGER und PITTONI 1963). Auffallend ist, daß sich in der engeren Umgebung der vermuteten Produktionsbereiche (Lagerstätten) wesentlich weniger Depotfunde als in weiter entfernten Absatzbereichen finden, was vielleicht als eine Art Vorratswirtschaft für den Fall von Nachschubschwierigkeiten auf den weiten Handelswegen anzusehen ist.

Daneben gibt es noch eine Reihe von etwa zeitgleichen Funden aus einem Kupfer mit einer anderen Elementkombination, dem „Siebenbürger Kupfer“, dessen Durchschnittsanalyse ebenfalls aus Tab. 6 zu ersehen ist (PITTONI 1980); Kennzeichen dieses Kupfers sind größere Mengen von Blei und Silber sowie Spuren von Nickel, Tellur und Zink, die im „Ostkupfer“ fehlen.

Tab. 7: Funde aus Kupfer östlicher Herkunft aus Kärnten

	Cu	Ag	As	Au	Bi	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn
St. Veit, Ringbarren 1	+++	++	++	?	++	+	Sp	Sp	Sp	++	Sp
St. Veit, Ringbarren 2	+++	++	++	?	++	+	Sp	?	Sp	++	-
Gurnitz, Flachbeil	+++	++	++	-	-	Sp	-	-	Sp	Sp	-

Aus diesem „Ostkupfer“ sind 2 Ringbarren hergestellt, die in St. Veit bei Wolfsberg gefunden wurden, sie haben einen Handelsweg von fast 500 km hinter sich, ebenso wie ein Flachbeil, gefunden in Gornitz (NEUNINGER und PITTIONI 1961) (Tab. 7).

Eine eindeutige Zuordnung dieser Objekte zum „Ostkupfer“ oder zum „Siebenbürger Kupfer“ ist nicht möglich, obwohl die Herkunft aus dem Osten aufgrund der Zusammensetzung sicher ist.

Allmählich rückt das Wissen um den bergmännischen Abbau und die Verhüttung von Kupfererz nach Westen vor, und es werden Lagerstätten abgebaut, die in Österreich liegen.

Systematische Untersuchungen von Erzen aus dem ostalpinen Bereich zeigten, daß jede Lagerstätte wohl ähnliche, aber mengenmäßig verschiedene Anteile von kennzeichnenden Spurenbegleitern aufweist. Zum Erkennen solcher Elementkombinationen ist die Erstellung einer Durchschnittsanalyse aus 50 bis 100 Einzelanalysen notwendig, um die Streuungen zu erfassen. Diese „pattern“ bleiben auch über den Verhüttungsprozeß erhalten, so daß der direkte Vergleich möglich ist.

Aufgrund der Erzuntersuchungen sind für die österreichischen Lager-

Tab. 8: Durchschnittsanalysen der in Österreich gelegenen Kupfer-Lagerstätten: Erze und daraus erschmolzenes Kupfer

1. Typus Mitterberg (Salzburg)

	Cu	Ag	As	Bi	Co	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Sn	Zn
Erz	+++	Sp	-/Sp	-	?/Sp	+++	Sp/+	Sp/+	-/Sp	-	?/Sp	?/Sp
Kupfer	+++	Sp/+	Sp/+	-	-/Sp	+	+	Sp/+	-/Sp	-	Sp	O/Sp

2. Typus Südliche Salzburger Lagerstätten (Gierlach-Lehen/Hütttau, Michei-Graben/Thumersbach, Wirtsalm/Viehhofen)

	Cu	Ag	As	Bi	Co	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Sn	Zn
Erz	++/+++	Sp/+	-/Sp	-/Sp	-/Sp	-/Sp	+++	-/Sp	Sp/+	-/Sp	-/Sp	-/Sp
Kupfer	+++	Sp/+	-/Sp	-/?	Sp	+	Sp	Sp/+	-/Sp	-/Sp	Sp	-/Sp

3. Typus Kupferplatte-Kelchalm, südl. Kitzbühel (Tirol)

	Cu	Ag	As	Bi	Co	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Sn	Zn
Erz	+++	Sp	-/Sp	-	-/Sp	+++	-/Sp	-/Sp	-/Sp	-	-/Sp	-/Sp
Kupfer	+++	Sp/+	-/Sp	-	Sp	+	+	Sp/+	-/Sp	-	Sp	-

4. Typus Alte Zeche-Bertagrube/Schwarz (Tirol)

	Cu	Ag	As	Bi	Co	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Sn	Zn
Erz	+++	Sp/+	Sp/+	-/Sp	-/Sp	+++	-	Sp	Sp/++	-/Sp	?/Sp	-/Sp
Kupfer	+++	+/++	+	Sp	Sp	+	-	Sp/+	+/++	Sp	Sp	-/Sp

stätten Elementkombinationen festgestellt worden (PITTIONI 1980), die mit dem an den Fertigobjekten erweisbarem Kupfer korrespondieren (Tab. 8). Fahlerze, wie sie z. B. in Tirol am „Röhrebrüchl“ bei Kitzbühel und am Falkenstein, in der Nähe der Lagerstätte Alte Zeche-Bertagrube, bei Schwaz, vorkommen, wurden aus den Untersuchungen ausgeklammert, da diese Erze aufgrund ihres komplizierteren Verhüttungsverfahrens von den Alten nicht verarbeitet werden konnten (RIEDERER 1981).

Mit dem Abbau dieser Lagerstätten beginnt in Mitteleuropa die Hochblüte der Bronzezeit. Zunächst ist es aber noch reines Kupfer, das den weiträumigen Handel mit dem Metall aus den ostalpinen Lagerstätten bestimmt, und in unseren Bereichen tritt Kupfer östlicher und ostalpiner Herkunft nebeneinander auf (NEUNINGER und PITTIONI 1960).

Der wahrscheinliche Beginn des Abbaues liegt für die Lagerstätten Mitterberg, Alte Zeche-Bertagrube und die des südlichen Salzburger Bereiches um etwa 1700 v. Chr., für die Kelchalm ist er später, etwa um 1200 v. Chr., anzunehmen. Auch die ungefähre Betriebsdauer des Abbaues läßt sich durch die zeitliche Zuordnung der Fertigobjekte aus dem jeweiligen Kupfer abschätzen, sie liegt für die Alte Zeche-Bertagrube bei etwa 1300 Jahren, wie aus Funden in Bayern, Salzburg, Oberösterreich und Südwest-Böhmen, die aus Bertagruben-Kupfer hergestellt sind, geschlossen werden kann (NEUNINGER, PITTIONI und PREUSCHEN 1960).

Auch in Kärnten tauchen solche Objekte nun vermehrt auf: Ein Schaftlochbeilchen aus Fresach, aus der frühen alpinen Bronzezeit, etwa 1500/1400 v. Chr. (NEUNINGER und PITTIONI 1961) und 8 Kupfer-Gußkuchen aus Zensweg, urnenfelderzeitlich, etwa 1000/700 v. Chr. (NEUNINGER 1974). Dazu kommen noch Funde vom Kathreinkogel bei Schiefing am See, die teilweise aus Kupfer bestehen, und wahrscheinlich vorurnenfelderzeitlich sind, etwa um 1000 v. Chr., während die Bronzen, soweit sie

Tab. 9: Analysen von Kärntner Kupferfunden aus Erz ostalpiner Lagerstätten

	Cu	Ag	As	Au	Bi	Co	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Sn	Zn
Zensweg, 8 Gußkuchen	+++	Sp/+	Sp	-	-/Sp	Sp	+++	?/Sp	+	Sp	Sp/+	Sp	-/Sp
Fresach Schaftloch- beilchen	+++	++	Sp	-	++	Sp	Sp	-	?	+	Sp	Sp	?
Kathreinkogel, Stachelscheibe	+++	Sp	-	?	Sp	Sp	+	-	Sp	?	?	?	-
Gußkuchen	+++	+	+	?	?	Sp	++	Sp	Sp	+	Sp	Sp	?
13 unbearbei- tete Stücke	+++	Sp/+	Sp	-/Sp	Sp	-	Sp/++	-/Sp	?/+	Sp/+	Sp/+	Sp	-

eine Zuordnung erlauben, urnenfelderzeitlich sind (NEUNINGER 1983). Die Analysen dieser Objekte zeigt die Tab. 9.

Das Beilchen von Fresach ist nach der Spurenführung Nordtiroler Herkunft, und auch bei den Zensweger Gußkuchen besteht gute Übereinstimmung mit dem „impurities pattern“ der Alten Zeche-Bertagrube. Aus den auffallend großen Mengen von Eisen in den Gußkuchen kann man schließen, daß sie noch Kupferstein enthalten, eine Vorstufe des Kupfers, wobei erst im letzten Produktionsschritt das Eisen in die Schlacke übergeht. Auch die Mehrzahl der Kupferobjekte vom Kathreinogel ist gleicher Herkunft, allerdings wurde wohl ein Teil mit Ostkupfer gemischt verschmolzen, wie man aus dem Nachweis reichlicher Mengen von Antimon und Wismut schließen kann. Hatte man noch vor diesen Untersuchungen angenommen, daß das Nordtiroler Kupfer nur nach Norden und Osten verhandelt wurde, so zeigt sich nun, daß Alpenübergänge schon damals kein unüberwindbares Handelshindernis waren!

Bald aber wird das Kupfer mit Zinn zur Bronze verschmolzen, die besser verarbeitet werden kann. Bronzen beherrschen die Funde dieser Zeit bis hin zur La-Tène-, der Eisenzeit. Die Entdeckung des Zinns als Legierungspartner liegt noch im Dunkel, es ist auch unbekannt, ob sich die Kenntnis von einem Platz aus verbreitet hat oder ob mehrere Kulturkreise, unabhängig voneinander, dies entdeckten. OTTO und WITTER (1952) nahmen an, daß die Wiege der Metallurgie im Thüringer Becken gelegen sei, HARTMANN und SANGMEISTER (1972) meinen, daß sich die frühe Kupfermetallurgie vom östlichen Mittelmeerraum ausgebreitet hat – eine Meinung, der man eher folgen kann. Die erste Bekanntschaft mit der (Zinn-)Bronze*) ist nach HENSELING (1981) das zufällige gemeinsame Verhütten von Kupfererz mit Zinnerz (Zinnstein, Cassiterit) um etwa 3000 v. Chr. Erst seit etwa 1000 v. Chr. kennt man die Herstellung von Zinnmetall.

Der Schmelzpunkt von reinem Kupfer (1084°C) wird durch den Zinnzusatz deutlich gesenkt: eine Bronze mit 15% Zinn schmilzt bei 800°C. Der Zinngehalt urzeitlicher Bronzen schwankt in weiten Grenzen, von weniger als 5% bis 25%. Allerdings wird die Legierung mit steigendem Zinngehalt spröder und brüchiger; die Grenze der Schmiedbarkeit bei 500° C liegt um 9% Zinn.

Die Herkunft des Zinns und die Wege, auf denen es in der Bronzezeit transportiert wurde, sind noch nicht geklärt; es müssen aber große Lagerstätten gewesen sein, denn sie haben über lange Zeit den Zinnbedarf gedeckt. Die sehr geringe Zahl von Funden aus reinem Zinn verhinder-

*) Es gibt auch eine Arsen-Bronze, die nach Meinung mancher Autoren der Vorläufer der Zinn-Bronzen war.

Tab. 10: Zur Reinheit von urzeitlichem Zinn

	Pb	Ag	As	Bi	Cu	Fe	Sb	Sn
Magdalensberg, Fibel	+++	+	-	Sp	+	?	Sp	++
Magdalensberg, Bruchstück	+++	+	?	Sp	+	?	Sp	-
Dürrenberg, Armring	-	-	-	?	Sp	Sp	-	+++

te bisher eine Beschreibung der Spurenelemente dieses Metalls. Die Wiener Arbeitsgruppe ging daher zunächst davon aus, daß sie eine allfällige Spurenführung des Zinns vernachlässigte und die nachweisbaren Spuren zur Gänze für die Herkunftsbestimmung des Kupfers verwendete.

Eine Bestätigung dieser Annahme konnte im Rahmen der Blei-Untersuchungen (Abschnitt 3) erarbeitet werden: Bei der Untersuchung von Bleifunden vom Magdalensberg (NEUNINGER 1988) konnte eine Fibel als Blei-Zinn-Lot identifiziert werden, daneben konnte auch zinnfreies Blei nachgewiesen werden (Tab. 10). Vergleicht man die beiden Ergebnisse, zeigt sich beim Lot nach Wegstreichen des doch etwa 10% betragenden Zinnanteils, daß keine Änderung in der Spurenführung feststellbar ist: Das Zinn ist von hoher Reinheit! Weiters konnte bei der Untersuchung eines im Gräberfeld Dürrenberg gefundenen „Blei“-Armringes der Nachweis erbracht werden, daß er aus reinem Zinn bestand (NEUNINGER 1989).

Außer Spuren von Eisen und Kupfer (Größenordnung einige Hundertstel %) ist das Zinn hochrein, das heißt, der Zinnzusatz beeinflusst das „pattern“ des Kupfers nicht!

Informationen zur Herkunftsbestimmung des Zinns können so nicht gegeben werden, sie sind wahrscheinlich nur über Isotopenanalyse möglich (MOESTA 1983; RIEDERER 1981; RIEDERER 1984): Zinn hat 10 natürlich vorkommende Isotope. Allerdings können auch Isotopenverhältnisse

Tab. 11: Durchschnittsanalysen von Kärntner Bronzefunden (8. bis 5. Jahrhd. v. Chr.)

	Cu	Ag	As	Au	Bi	Co	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Sn	Zn
Niederosterwitz, 23 Flachbeile	+++	Sp/++	+	-	-/Sp	Sp	+	Sp	+	Sp	-/+	++	-
Feistriz, Tüllenmeißel	+++	++	Sp	?	+	Sp	Sp	-	+	++	+	++	Sp
Kathreinkogel, 18 bearbeitete Teile	+++	Sp/+	Sp/+	-/Sp	Sp/+	?/Sp	+/++	Sp	Sp	+/++	Sp/+	++	-/Sp

innerhalb regional begrenzter Gebiete so stark schwanken, daß eine Zuordnung nicht immer sicher ist (RIEDERER 1987).

Der Kupferanteil der Kärntner Bronzefunde dieser Zeit stammt, soweit sie bisher untersucht wurden, aus ostalpinen Lagerstätten: Das ist, wie Tab. 11 zeigt, sowohl bei den Funden aus Niederosterwitz (NEUNINGER und PITTIONI 1961) als auch von Feistritz (NEUNINGER 1976) und vom Kathreinkogel (NEUNINGER 1983) der Fall. Sie zeigen in ihrer Zusammensetzung sehr gute Übereinstimmung mit urnenfelderzeitlichen Bronzedeopotfunden aus der Steiermark (NEUNINGER und PITTIONI 1966), wobei gleiche Zusammensetzung stets ein deutlicher Hinweis darauf ist, daß das Kupfer aus dem gleichen Lagerstättentyp und nach der gleichen Technologie gewonnen wurde. Die Analysen zeigen auch, daß Kärnten zur Blütezeit des ostalpinen urzeitlichen Kupferbergbaues im Schnittpunkt der Handelswege lag.

Gegen Ende der Bronzezeit setzte man der Bronze, wie die Objekte von Feistritz und vom Kathreinkogel zeigen, höhere Gaben von Blei zu, was wohl die Qualität der immer komplizierteren Gußobjekte wie z. B. Statuetten verbesserte und zugleich mit einer Verminderung der Sprödigkeit der aus diesem Material hergestellten Werkzeuge einherging.

Die Erfindung des Messings, einem Völkerstamm Kleinasiens, den Mossyoniken, aber auch den Persern zugeschrieben (MOESTA 1983), verdrängt die Verwendung von Bronze; um Christi Geburt taucht es in Rom auf und findet rasch im ganzen römischen Reich Verbreitung. So geht auch in Kärnten, das zur römischen Provinz Noricum gehörte, der Gebrauch von Bronze sehr stark zurück.

UNTERSUCHUNGEN VON BLEIFUNDEN

Neben dem Kupfer steht das Blei in der Reihe der ältesten vom Menschen verwendeten Metalle, seine Bedeutung ist allerdings wesentlich geringer als die des Kupfers (RIEDERER 1981). Es war nur für Gußteile, die geringer mechanischer Beanspruchung ausgesetzt waren, verwendbar. Gemischt mit Kupfer wurde es für Bleibronzen, mit Zinn als niedrigschmelzendes Lot gebraucht.

Die ältesten Funde von Bleiobjekten stammen, aus der Mitte des 6. Jahrtausends v. Chr., aus Catal Hüyük; aus dem 6. bis 4. Jahrtausend v. Chr. kennt man Funde aus dem Iran und dem Irak (MOESTA 1983). Andere Autoren vermuten, daß die Bleimetallurgie noch vor der Kupfermetallurgie entdeckt wurde (GALE und STOS-GALE 1981). Gediengen kommt das Blei nicht vor, weil es wesentlich unedler ist als Kupfer.

Eine sicher schon alte Geschichte hat die Verarbeitung von Bleierz zur

Silbergewinnung: Einer der ältesten Bergbaue dafür ist wahrscheinlich der von Laurion, östlich von Athen, im 4. bis 3. Jahrtausend v. Chr.

Der früheste Nachweis von Blei in Österreich stammt aus Kärnten: Es handelt sich um kleine figurale Formen, Reiter und Vögel, nebst einem kleinen (Kult-?)Wagen, die im Gräberfeld von Frög bei Rosegg gefunden wurden, aus der Zeit des 7. bis 5. Jahrhunderts v. Chr. Natürlich hat dieser Fund ob seiner Einmaligkeit im Alpenbereich schon früh die Frage nach der Herkunft des Rohstoffes aufgeworfen, und sie haben auch früh das Interesse der Chemiker geweckt: Schon 1884 wurde nachgewiesen, daß es sich um ein hochreines Blei mit geringen Spuren von Eisen und Zink („Jungferblei“) handelt (HOCHSTETTER 1884); 1927 erschien ein Bericht, daß es sich um Blei von 99,6% mit geringen Spuren an Arsen, Mangan, Silber und Wismut handle (KAHLER 1927). Beide Untersuchungen erfolgten auf naßchemischem Weg. HOCHSTETTER war der Meinung, daß es sich um „Villacher Blei“ handelt, die Lagerstätten Rudnik und Raibl schloß er aus; Kahler vermutet die Herkunft aus einem Erz des Typus Bleiberg wie Bleiberg-Kreuth, Windisch-Bleiberg, Obir, Petzen und Rudnik. Beide Autoren konnten aber keine Herkunftsfeststellung treffen, da sie ihre Schlüsse aus nur einer Analyse ziehen mußten.

1958 erschienen die Ergebnisse einer spektralanalytischen Untersuchung (BRANDENSTEIN und SCHROLL 1958): An 3 Figuren konnten Zinkgehalte zwischen 0,1 und 3% sowie geringe Spuren von Cadmium, Kupfer, Silber und Zinn gefunden werden, nicht nachweisbar waren Antimon, Arsen, Thallium und Wismut; als Herkunft nehmen die Autoren Vererzungen des Trias-Typs im Drauzug und in den Karawanken an, möglicherweise Rudnik oder Bleiberg.

Diese Analysen können keine Basis für eine Herkunftsbestimmung bilden; es handelt sich um Einzelanalysen, die Ergebnisse wurden nach verschiedenen Analysenverfahren erhalten, sie weisen nicht die gleichen Spurenelemente auf, sie sind daher bis auf die gemeinsame Aussage „hochreines Blei“ nicht vergleichbar! Überdies fehlen nach gleichen Verfahren erhaltene Erzanalysen.

Es erschien daher verlockend, mit den an den Untersuchungen von Kupfererzen, -schlacken und -objekten gesammelten Erfahrungen Reihenuntersuchungen an den Fröger Bleifiguren durchzuführen. Aber – anders als bei den Untersuchungen von Kupfer lag die Problematik beim Blei darin, daß keine zu dieser frühen Zeit abgebauten Lagerstätten im Kärntner Bereich bekannt waren: WIESSNER (1951) findet keine Belege für einen römischen oder noch früheren Abbau von Bleiberg; wenn RIEDERER (1987) schreibt, daß in Österreich „ein römischer Bleibergbau gesichert“ ist, so stellt er eine keineswegs gesicherte Behauptung auf, und wenn BECHERER (1976) meint, daß die Anfänge des prähi-

Tab. 12: Durchschnittsanalyse Frög und hypothetisches Erz

	Pb	Ag	As	Cu	Fe	Mn	Tl
Objekte Frög	+++	Sp	-	Sp	Sp	-	?/Sp
hypothet. Bleierz, das dafür verwendet wurde	+++	Sp	Sp	Sp	Sp/+	Sp/+	Sp/+

storischen Bleibergbaues nicht im heutigen Bleiberg, sondern in längst verlassenen Revieren östlich von Villach, beim Faaker See, lägen, und das Rohmaterial von Frög zweifellos aus den um Villach liegenden Vorkommen stamme, und daß ein Abbau nur unter Tage erfolgt sei, bleibt er für das alles den Beweis schuldig.

Es fehlen bisher für eine Bleiverhüttung alle Hinweise sowohl für den urzeitlichen Bergbau als auch für einen Hüttenbetrieb; es mußte daher zunächst versucht werden, auf einem rezenten Weg die Veränderungen der Konzentrationen der Spuren auf dem Weg vom Erz zum Metall festzustellen: Von der BBU wurden in Kleinversuchen aus Erzmustern von Mieß, Raibl und Bleiberg jeweils das Metall erschmolzen und für die vergleichende Untersuchung mit dem Erz zur Verfügung gestellt. Die Ergebnisse zeigten, daß im Verlauf des Hüttenprozesses folgende Konzentrationsänderungen eintraten:

Konzentrationserhöhungen (Anreicherungen) bei den Elementen Cobalt, Nickel, Silber, Thallium und Wismut;

annähernd gleichbleibende Konzentrationen bei den Elementen Antimon und Kupfer;

Konzentrationsabnahmen (jedoch im Metall noch nachweisbar) bei den Elementen Arsen und Eisen;

Absinken unter die Nachweisgrenze bei den Elementen Cobalt, Mangan, Vanadin und Zink.

Mit diesem Wissen sollte es möglich sein, aus den Bleiuntersuchungen auf die Zusammensetzung des dafür verwendeten Erzes rückzuschließen.

An 56 Reststücken des Fröger Fundes wurde eine Durchschnittsanalyse erhalten, die in der Tabelle 12 mit dem daraus abgeleiteten hypothetischen Bleierz angeführt ist.

Tab. 13: Durchschnittsanalysen von Bleierzen aus Kärnten

	Pb	Ag	As	Cd	Cu	Fe	Mn	Tl	Zn
Rudnik	+/+++	-/Sp	Sp/+	-	Sp	+++	Sp	-	+/+++
Bleiberg	+++	-/Sp	?/Sp	-/Sp	-/Sp	Sp/+	-/Sp	-/Sp	+/+++
Jauken	+++	-/+	-/?	+	Sp	Sp/+	-/Sp	-	+++

Der Informationsgehalt eines so reinen Bleies ist aufgrund seiner geringen Spurenführung niedriger als beim Kupfer, das mehr Begleiter aufweist, die eine Herkunftsbestimmung erleichtern. Trotzdem wurden, unter der theoretischen Annahme, daß das Fröger Blei aus einem Bleierz der Umgebung des Fundortes erschmolzen wurde, Erzreihenanalysen aus Lagerstätten des engeren Bereiches von Frög durchgeführt:

- a) aus der 4,5 km westlich des Fröger Gräberfeldes liegenden Lagerstätte Rudnik (Erzberg) bei Rosegg (Bez. Villach),
- b) aus verschiedenen Teufen der Lagerstätte Bleiberg, über eine horizontale Erstreckung von mehr als 10 km; Entfernung von Frög etwa 12 km westlich,
- c) aus der Lagerstätte Jauken bei Dellach im Gailtal, einem alten Zentrum der Kupferverhüttung, etwa 70 km westlich von Frög.

Die Durchschnittsanalysen dieser Lagerstätten zeigt die Tabelle 13. Daneben wurden noch einige Einzelproben von Erzen aus anderen Lagerstätten der Umgebung untersucht, die jedoch aufgrund hoher Fremdmetallgehalte (stark eisenhaltig bzw. Fahlerz) von den Alten nicht verhüttet werden konnten.

Vergleicht man diese Erzanalyse mit dem in Tabelle 12 postulierten hypothetischen Erz für das Fröger Blei, so fällt zunächst auf, daß Thallium, das in 44% der Fröger Objekte sicher nachweisbar und in 21% fraglich ist, nur in der Lagerstätte Bleiberg in einem Ausmaß von 28% im Erz sicher und in 19% fraglich nachweisbar ist. In den anderen Lagerstätten fehlt Thallium praktisch gänzlich. Das bedeutet, daß Thallium als ein Leitelement der Fröger Objekte und des Erzes, aus dem sie hergestellt wurden, anzusprechen ist, wobei noch berücksichtigt werden muß, daß Thallium im Zuge der Verhüttung angereichert wird, was den häufigeren Nachweis im Metall erklärt. Da das „pattern“ auch hinsichtlich der übrigen Begleitelemente gut übereinstimmt, wie die Tabellen 12 und 13 zeigen, ist der Schluß zulässig, daß die Fröger ihr Blei aus der Lagerstätte Bleiberg holten. Dort hat das Erz in höheren Lagen früher häufig oberflächlich ausgebissen*), so daß ein Über-Tag-Abbau leicht möglich war. Sicher fielen den Alten, die sehr gute Beobachter ihrer Umgebung waren, solche Ausbisse auf und verlockten sie zu einem Verhüttungsversuch. Die alten Berg- und Hüttenleute haben damit, vom Kupfer ausgehend, forschend und prüfend eine neue Rohstoffquelle erschlossen, die bis dahin der Bevölkerung der Ostalpen unbekannt gewesen war.

Das kann erklären, warum es am Bleiberg keine Spuren des Alten Mannes gibt – weil es eben keinen Unter-Tag-Abbau gab.

*) nach einer mündlichen Mitteilung von Dr. UČIK (Klagenfurt)

Der Bedarf an dem weichen Metall war nur gering, und mehr davon zu schürfen, nicht notwendig.

Diese Ergebnisse zeigen, daß der Versuch, die Herkunft des Fröger Bleies mit Hilfe der Indirekten Bergbauforschung zu klären, als gelungen anzusprechen ist; sie zeigen aber auch die Bedeutung der Reihenanalyse, denn sie schafft die Bezugsbasis, in die Einzelergebnisse später eingeordnet werden können.

Zwischen den Fröger Funden und der nächsten Periode, in der in Kärnten Bleiobjekte feststellbar waren, liegen mehr als 500 Jahre: Funde aus der keltisch-römischen Ansiedlung auf dem Magdalensberg aus der Zeit um Christi Geburt boten eine weitere Gelegenheit, Bleiobjekte zu untersuchen.

Auch hier gab es bereits Untersuchungen: BRANDENSTEIN und SCHROLL (1958) berichten über die Zusammensetzung eines Bleirohres aus einer römischen Wasserleitung; sie fanden im Blei Spuren von Antimon, Cadmium, Eisen, Kupfer, Nickel, Silber, Zink und Zinn, und kamen zu dem Schluß, daß der Rohstoff keinesfalls aus einer Lagerstätte der Kärntner Triasvererzung stammen kann, es ist wahrscheinlich Importware, aber es wird keine Herkunftszuordnung gegeben. LÖHBERG (1966, 1969) hat ebenfalls Bleirohre aus der Wasserleitung untersucht und kommt zu ähnlichen Ergebnissen; in beiden Proben fanden sich außerdem Reste einer Reparatur mit einem Lot aus 70% Blei und 30% Zinn. Eine Herkunftsbestimmung des Bleies wurde nicht diskutiert.

Die eigene Untersuchung umfaßte eine Fibel und sechs teils blanke, teils verwitterte Bruchstücke, ihre Zusammensetzung war – abgesehen von der Fibel, die aus einem Blei-Zinn-Lot besteht – weitgehend gleich (Durchschnittsanalyse Tab. 14).

Daß der Zinnzusatz (für das Lot) das „pattern“ des Bleies nicht verändert, d. h. daß das Zinn von sehr hoher Reinheit war, wurde bereits im zweiten Abschnitt diskutiert; streicht man hier aus der Analyse des Lotes nur das Zinn heraus, so fügt sich das verbleibende Metall, das Blei, in die angegebene Durchschnittsanalyse sehr gut ein!

Aber die Zusammensetzung des Bleies vom Magdalensberg unterscheidet sich signifikant von jener der Fröger Objekte (Tab. 14).

Tab. 14: Durchschnittsanalysen der Objekte von Frög und vom Magdalensberg

	Pb	Ag	Bi	Cu	Fe	Ni	Sb	Sn	Tl
Frög	+++	Sp	-	Sp	Sp	-	-	-	?/Sp
Magdalensberg	+++	+	Sp	+	?	-/Sp	?/Sp	Sp/+	-

Der Rohstoff für die Bleiobjekte vom Magdalensberg kann demnach nicht aus den Lagerstätten der Kärntner Triasvererzung stammen, deren Erze ein wesentlich reineres Blei ergeben – es handelt sich wahrscheinlich um Importware.

In der Folge wurden weitere Bleiobjekte untersucht, die als etwa zeitgleich mit Magdalensberg anzusprechen sind:

- a) Teil eines Wasserrohres, Fundort Straßfried bei Arnoldstein, römisch,
- b) ein Ring sowie Teile eines Bleibrockens, Fundort Gurina, Gemeinde Dellach, jüngere Eisenzeit.

Ihre Untersuchung ergab die gleiche Zusammensetzung wie die des Magdalensberger Bleies. Der Schluß auf die gleiche Rohstoffherkunft liegt nahe, und wenn es sich um Importware handelt, müssen es beachtliche Mengen gewesen sein!

Und es war fast keine Überraschung mehr, daß die Untersuchung eines Bleibarrens und einer Unterlage für die Treibarbeit aus der untersten römischen Kulturschicht von Maria Saal (Projekt Zollfeld-Virunum, Bundesdenkmalamt Kärnten) sowie einer römischen Statuette und eines Fragmentes einer Statuette von Thörl-Maglern die gleiche Zusammensetzung erbrachte wie das Blei vom Magdalensberg (NEUNINGER 1989).

Und auch ein Anhänger, gefunden in der Keltensiedlung am Dürrnberg bei Hallein, erwies sich als von gleicher Zusammensetzung (NEUNINGER 1989). Ein römerzeitliches Bleiblech, gefunden 1987 in Gols im Burgenland, besteht ebenfalls aus dem gleichen Material (NEUNINGER 1990).

Verständlich, daß man sich die Frage nach jener Lagerstätte stellte, die solche Mengen an Blei liefern konnte, bezog doch sichtlich die ganze Provinz Noricum von dort!

Mit den bisherigen Erfahrungen wurde ein hypothetisches Erz, welches dieses Metall ergeben sollte, erstellt (Tabelle 15). Ein Fragment eines untersuchten Bleibarrens vom Magdalensberg gab erste Hinweise: Er trägt eine wahrscheinlich griechische Inschrift*). Die Herkunftsfrage ist aufgrund der gleichen Zusammensetzung eng mit diesem Barren verknüpft. Die Assoziation mit den Gruben von Laurion lag nahe, jener Lagerstätte östlich von Athen, die bereits seit dem Beginn des 3. Jahrtausends v. Chr. abgebaut wurde, um das in diesem silberreichen Erz vorhandene Edelmetall zu gewinnen, das die Basis für den Reichtum von Athen bildete.

Hier begann man um die Mitte des 1. Jahrtausends v. Chr. mit der Aufarbeitung der bisher in großen Mengen als Abfall weggeworfenen Bleiglätte zum Metall (MOESTA 1983). Man verwendete das Blei, z. B.

*) nach einer mündl. Mitteilung von Hofrat Univ.-Dozent Dr. PICCOTTINI (Klagenfurt)

zum Vergießen der eisernen Klammern, mit denen die großen Steinblöcke der Bauwerke verbunden waren.

Zur Prüfung dieses Hinweises stellte das Naturhistorische Museum Wien mehrere Proben von Galenit aus Laurion zur Verfügung, deren Analysen das in Tabelle 15 angegebene Durchschnittsergebnis lieferte. Diese Tabelle enthält auch das hypothetische Blei, das man bei der Verhüttung dieses Erzes erhalten würde, dessen Zusammensetzung ziemlich genau jener der bisher untersuchten Kärntner Bleiobjekte aus der keltisch-römischen Zeit entspricht, was den Schluß auf einen Import dieses Metalles aus Hellas sehr nahe legt. Das Ergebnis war insofern eine Überraschung, nicht nur weil es Handelswege durch halb Europa zeigte, sondern auch weil sich dieser Handel bereits in beachtlichem Umfang abspielen mußte, um z. B. eine Wasserleitung von den Ausmaßen wie in Straßfried bauen zu können.

Tab. 15: Galenite aus verschiedenen römerzeitlich abgebauten Lagerstätten sowie hypothetisch daraus erschmolzenes Bleimetall

	Pb	Ag	As	Bi	Cd	Co	Cu	Fe	Mn	Ni	Sb	Sn	Zn
Blei, Magdalensberg	+++	+	-	Sp	-	-	+	?	-	-/Sp	?/Sp	Sp/+	-
Galenit, Laurion	+++	+	?	Sp	-/Sp	-	+	Sp/+++	-/+	-	Sp/+	Sp	-/+++
Hypothet. Blei aus Laurion-Erz	+++	+	-	Sp	-	-	+	Sp	-	-	Sp	Sp/+	-
Galenit, Insel San Pietro, Sardinien	+++	+	?	-	?	-	+	Sp	-	-	Sp	-	-/?
Hypothet. Blei aus San Pietro-Erz	+++	+	-	-/?	-	-	+	Sp	-	?	Sp	-	-
Galenit, Insel Kos	+++	+	Sp	?	?	-	+	+++	?/Sp	-	Sp	Sp	+
Hypothet. Blei aus Kos-Erz	+++	+	?	?	-	-	+	Sp	-	?	Sp	Sp	-
Galenit, Linares, Spanien	+++	+	Sp	-	-	-/Sp	+	+/+++	-/?	?/Sp	Sp	-	-
Hypothet. Blei aus Linares-Erz	+++	+	?	-/?	-	?/Sp	+	Sp	-	Sp	Sp	-	-

Da aus der Zeit um Christi Geburt auch andere von den Römern abgebaute Bleilagerstätten im Mittelmeerraum bekannt sind, wurden vom Naturhistorischen Museum noch Galenitmuster aus Sardinien, von der Insel Kos und von Linares (Spanien) für eine Untersuchung zur Verfügung gestellt; die Analysen zeigten, daß Unterschiede gegenüber den Erzen von Laurion bestehen (Tabelle 15). Differenzen zeigen sich vor allem bei Wismut und Zinn. Blei, erschmolzen aus diesen Erzen, müßte eine etwas andere Zusammensetzung aufweisen, wie diese Tabelle zeigt.

Als Herkunftszuordnung für das norische Blei kann daher der Bergbau von Laurion angenommen werden, was ein weiterer Hinweis ist, wie weit sich schon damals Handelsnetze über Mitteleuropa erstreckten.

ZUSAMMENFASSUNG

Alle diese Untersuchungen waren, wenn man will, auch Beiträge zur ältesten Industriegeschichte Europas, deren Ergebnisse, da schriftliche Dokumente fehlen, nur durch eine auf breiter Basis durchgeführte indirekte Bergbauforschung möglich waren, und welche die Urgeschichte eines Bundeslandes in einer anderen Sicht als der bisher gewohnten zeigt, weil in verstreuten Veröffentlichungen festgehaltene Resultate hier neu geordnet vorgelegt werden.

LITERATUR

- BECHERER, K. (1976): Mineralvorkommen und Bodenschätze, in: Naturgeschichte Österreichs. Wien: 67–172.
- BRANDENSTEIN, M., und E. SCHROLL (1958): Spektralanalytische Untersuchungen von Bleifunden aus Kärntner Ausgrabungen. – *Archaeol. Austr. (ArchA) (Wien)*, Beih. 3:116–120.
- DERKOSCH, J., F. X. MAYER und H. NEUNINGER (1956): Spektralanalytische Untersuchungen von urzeitlichen Kupferfunden. – *Mikrochimica Acta 1956 (Wien)*: 1649–1661.
- GALE, N. H., and Z. STOS-GALE (1981): Blei und Silber in der ägäischen Kultur. – *Spektrum der Wissenschaft/Scientific American, Internat. Ausgabe in deutscher Sprache (Heidelberg)*, 8/1981:92–105.
- HARTMANN, A., und E. SANGMEISTER (1972): Zur Erforschung urzeitlicher Metallurgie. *Angew. Chemie (Weinheim)*, 84.:668–678.
- HENSELING, K. O. (1981): Bronze, Eisen, Stahl – Bedeutung der Metalle in der Geschichte. – Reinbek b. Hamburg.
- HOCHSTETTER, F. von (1884): Über die Hügelgräber von Frög bei Rosegg in Kärnten und die in denselben gefundenen Bleifiguren. – *Sitzungsber. d. Kaiserl. Akademie d. Wiss. Wien, Math.-Naturwiss. Klasse (Wien)*, LXXXIX. Band, I. Abt.: 364–377.
- JUNGHANS, S., H. KLEIN und E. SCHEUFELE (1953): 34. Bericht der Röm.-German. Kommission 1951–1953 (Mainz): 89–103.

- KAHLER, F. (1927): Zur Chemie der prähistorischen Bleifiguren von Frög. – Ann. Naturhist. Mus. Wien (Wien), XLI:151–156.
- LÖHBERG, K. (1966): Untersuchung eines Bleirohres vom Magdalensberg (Kärnten). – Kärntner Museumsschriften (Klagenfurt), XL:18–34.
- (1969): Untersuchungen einer Verbundstelle von Bleirohren vom Magdalensberg (Kärnten). – Kärntner Museumsschriften (Klagenfurt), XLIV:3–19.
- MELLAART, J. (1963): Excavations at Catal Hüyük, 2nd prelim. Report. – Anatolian Studies (London), 13:43–200.
- MOESTA, H. (1983): Erze und Metalle – Ihre Kulturgeschichte im Experiment. – Berlin-Heidelberg.
- NEUNINGER, H. (1962): Zur Frage der Koordinierung verschiedener spektralanalytischer Untersuchungsmethoden in der Urgeschichtsforschung. – ArchA (Wien), 31.:103–107.
- (1974): Das Kupfer der Gußkuchen aus Zensweg. – ArchA (Wien), 56.:67–69.
- (1976): Spektralanalytische Untersuchung eines Tüllenmeißels aus Feistritz, Kärnten. – ArchA (Wien), 59./60.:441–444.
- (1983): Spektralanalytische Untersuchung der Metallobjekte vom Kathreinkogel bei Schiefing am See. – Carinthia I (Klagenfurt), 173.:113–118.
- (1985): Spektralanalytische Untersuchungen zur Herkunft des Fröger Bleies. – Carinthia I (Klagenfurt), 175.:21–40.
- (1988): Neue spektralanalytische Untersuchungen von ur- und frühgeschichtlichen Metallobjekten aus Kärnten. – Carinthia I (Klagenfurt), 178.:43–54.
- (1989): Neue spektralanalytische Untersuchungen an ur- und frühgeschichtlichen Bleiobjekten. – Carinthia I (Klagenfurt), 179.:65–71.
- (1990): Spektralanalytische Untersuchungen von ur- und frühgeschichtlichen Bleiobjekten aus Ostösterreich. – Neues aus Alt-Villach, 27. Jahrb. d. Stadtmuseums (Villach): 7–13.
- NEUNINGER, H., und R. PITTIONI (1958): Die spektrographische Untersuchung des Helmes vom Paß Lueg. – Salzburger Museum Carolino Augusteum, Jahresschrift 1957 (Salzburg): 21–31.
- (1960): Zur Herkunft des frühen Kupfers in Oberösterreich. – ArchA (Wien), 28:58–60.
- (1961): Zum ältesten Kupferhandel in Kärnten. – Carinthia I (Klagenfurt), 151:378–382.
- (1963): Frühmetallzeitlicher Kupferhandel im Voralpenland – Zur Frage der Herkunft des Ringbarrenkupfers. – ArchA (Wien), Beiheft 6.
- (1966): Spektrographische Untersuchungen von urnenfelderzeitlichen Hortfunden der Steiermark. – ArchA (Wien), 39:81–86.
- NEUNINGER, H., R. PITTIONI und E. PREUSCHEN (1960): Das Kupfer der Nordtiroler Urnenfelderkultur. – ArchA (Wien), Beiheft 5.
- NEUNINGER, H., R. PITTIONI und W. SIEGL (1964): Frühkeramikzeitliche Kupfergewinnung in Anatolien. – ArchA (Wien), 35:98–110.
- NEUNINGER, H., E. PREUSCHEN und R. PITTIONI (1971): Goldlagerstätten in Europa. – ArchA (Wien), 49:23–35.
- NODDACK, I., und W. NODDACK (1934): Herkunftsuntersuchungen. – Z. Angew. Chemie (Berlin), 47.:637–640.
- OTTO, H. (1941): Die Anwendung der Spektralanalyse für kulturhistorische Fragen. – Spectrochim. Acta (Berlin), 1.:381–399.
- OTTO, H., und W. WITTER (1952): Handbuch der ältesten vorgeschichtlichen Metallurgie in Mitteleuropa – Leipzig.

- PESTA, H. (1937): Spektralanalytische Untersuchungen der Lagerstätte Kelchalpe und der bisher vorliegenden Metallfunde aus dem Bereich des urzeitlichen Bergbaues auf der Kelchalpe bei Kitzbühel. – Mitt. Prähist. Komm. d. Akademie d. Wiss. (Wien), III.:146–153.
- PITTONI, R. (1947): Untersuchungen im Bergbauggebiet Kelchalpe bei Kitzbühel, Tirol; 2. Bericht. – Mitt. Prähist. Komm. d. Akademie d. Wiss. (Wien), V.:37–99.
- (1949): Spektralanalytische Untersuchungen von Bronzen aus Hallstatt, OÖ. – Mitt. Prähist. Komm. d. Akademie d. Wiss. (Wien), V.:103–125.
- (1957): Urzeitlicher Bergbau auf Kupfererz und Spurenanalyse – Beiträge zum Problem der Relation Lagerstätte–Fertigobjekt. – ArchA (Wien), Beiheft 1.
- (1959): Zweck und Ziel spektralanalytischer Untersuchungen für die Urgeschichte des Kupferbergwesens. – ArchA (Wien), 26.:67–95.
- (1964): Ergebnisse und Probleme des urzeitlichen Metallhandels. – Sitzungsber. Österr. Akademie d. Wiss., Phil.-Hist. Klasse (Wien), Bd. 244, 5. Abhandlung: 5–17.
- (1980): Geschichte Österreichs, Bd. I/2: Urzeit von etwa 80.000 bis 15 v. Chr. – Wien.
- RIEDERER, J. (1981): Kunstwerke chemisch betrachtet – Materialien, Analysen, Altersbestimmung. – Berlin-Heidelberg.
- (1984): Die chemische Analyse in der kulturgeschichtlichen Forschung. – Z. Analyt. Chemie (Berlin), 319.:300–303.
- (1987): Archäologie und Chemie – Einblicke in die Vergangenheit. Berlin.
- WAGNER, G. A., und L. ZÖLLER (1987): Thermolumineszenz: Uhr für Artefakte und Sedimente. – Physik i. uns. Zeit (Weinheim), 18.:1–9.
- WIESSNER, H. (1951): Geschichte des Kärntner Bergbaues, II. Teil: Geschichte des Kärntner Buntmetallbergbaues mit besonderer Berücksichtigung des Blei- und Zink-Bergbaues. Klagenfurt.
- WINKLER, J. E. R. (1935): Quantitative spektralanalytische Untersuchungen an Kupferlegierungen zur Analyse vorgeschichtlicher Bronzen. – Veröff. d. Landesanstalt f. Volkskunde (Halle/Saale), H. 7.

Anschrift des Verfassers: Min.-Rat i. R. Univ.-Doz. Dr. Heinz NEUNINGER, Altmanndorfer Straße 21/2/3, A-1120 Wien.