Documenta

Forschungen aus Natur- und Geisteswissenschaften

Band 1

LANDSHUT

1976

Documenta

Forschungen aus Natur- und Geisteswissenschaften

Band 1

Ein Kalkbrennofen am Stadtberg Pyrgos bei Hagia Marina (Kopais-Boiotien)
(mit 20 Abbildungen)

LANDSHUT 1976

Documenta · Herausgegeben von Dr. Heinz J. Unger und Dr. Georg Spitzlberger.

Schriftleitung: Dr. Georg Spitzlberger

Satz und Druck: Buch- und Offsetdruckerei Hausler, Landshut

Die Schriftenreihe erscheint in zwangloser Folge und ist zu beziehen über die Herausgeber oder die Geschäftsstelle des Stadt- und Kreismuseums Landshut, 83 Landshut, Altstadt 79, Telefon (08 71) 88 218

Für den Inhalt der Beiträge zeichnen die Verfasser verantwortlich

INHALT

Heinz J. Unger
Geologische und technologische Untersuchungen zum Kalkbrennofen am Stadtberg Pyrgos bei Hagia Marina (Kopais-Boiotien) 5

Karl P. Buttler
Die Flora am Stadtberg Pyrgos bei Hagia Marina 38

Georg Spitzlberger
Der Flechtenbewuchs als Datierungshilfe in der Archäologie 40

Georg Spitzlberger
Der Kalkbrennofen am Stadtberg Pyrgos bei Hagia Marina in archäologisch-historischer Sicht 44

Zusammenfassung der Arbeiten dieses Bandes 54
Résumé 54
Summary 55

Vermessungen und Zeichnungen:	Heinz J. Unger
Röntgenfluoreszenzanalysen:	M. Salger
Technologische Beratung:	K. Roesch

Der Arbeitsaufenthalt in Griechenland vom 1. — 20. August 1975 und die Drucklegung des vorliegenden Bandes wurden durch finanzielle Unterstützung von der Fritz-Thyssen-Stiftung in Köln gefördert.

Die Mitarbeiter dieses Bandes

Dr. Karl P. Buttler	Institut für Systematische Botanik der Universität München, Menzinger Straße 67, 8000 München 67.
Prof. Dr. Ing. Karl Roesch	Freiherr-vom-Stein-Straße 14, 5630 Remscheid.
Orr. Dr. Martin Salger	Bayerisches Geologisches Landesamt, Prinzregentenstraße 28, 8000 München 22.
Dr. Georg Spitzlberger	Museumsdirektor, Lehrbeauftragter am Institut für Alte Geschichte der Universität München, Englbergweg 84, 8300 Landshut.
Dr. Heinz J. Unger	Geologe am Bayerischen Geologischen Landesamt, Nußbaumstraße 13, 8058 Altenerding.

Geologische und technologische Untersuchungen zum Kalkbrennofen am Stadtberg Pyrgos bei Hagia Marina (Kopais-Boiotien)

von Heinz J. Unger

Inhalt

Einleitung

1. Geographische Übersicht

2. Geologische Übersicht
   2.1 Die Geologie der näheren Umgebung des Ofens
   2.2 Tektonik
   2.3 Das Erz

3. Durchführung der Untersuchung

4. Ergebnisse der Untersuchungen am Ofen
   4.1 Diskussion und Schlußfolgerungen vom technisch-naturwissenschaftlichen Standpunkt aus
   4.2 Schriftliche Stellungnahme von K. Roesch

5. Literatur

Einleitung

Anläßlich einer Kampagne mit Herrn Professor Dr. S. LAUFFER (Institut f. Alte Geschichte der Universität München) im Jahre 1973, deren Ziel die topographische Aufnahme von historischen Stätten am Rande des Kopais-Beckens war, wurde am Fuße des Stadtberges Pyrgos bei Hagia Marina, der in der Nordostecke des ehemaligen Seegebietes liegt, ein Objekt vermessen, das bis dahin als eingestürztes und ausgeplündertes Grab angesprochen worden war.

1973 wurde an den Steinen im Inneren dieses vermeintlichen Grabes eine mindestens 10 cm tiefreichende Frittung (durch hohe Temperaturen verändertes Gefüge an der Oberfläche eines Gesteins) festgestellt und das Objekt, da es sich in unmittelbarer Nachbarschaft eines zu Tage anstehenden Erzlagers befand, ohne weitere Untersuchung als „Schmelzofen" bezeichnet und in dieser Form in die damaligen Karten übernommen (H. J. Unger 1973/213).

Im Jahre 1975 konnte nun eine gezielt auf dieses Objekt angesetzte Untersuchung mit Unterstützung der Fritz-Thyssen-Stiftung (Köln) durchgeführt werden. Für die Bereitstellung der finanziellen Mittel für dieses Unternehmen sowie für den Druckkostenzuschuß gebührt der Fritz Thyssen Stiftung unser besonderer Dank.

Das Deutsche Archäologische Institut in Athen (Herr Direktor Prof. Dr. H. Kyrieleis und Herr Dr. R. Felsch) unterstützte unsere Arbeit bereitwilligst.

Nicht zu vergessen sei die wohlwollende Bearbeitung unseres Antrages um Erlaubnis zu dieser Untersuchung durch das griechische Ministerium der Antiken in Athen.

Frau Dr. Andrioumenou, die Leiterin der Ephorie Theben, in deren Verwaltungsbereich das Objekt liegt, gestattete uns dankenswerterweise die teilweise Säuberung des Ofens.

Die Geländeaufnahmen wurden gemeinsam mit Dr. G. Spitzlberger durchgeführt.

Nach Abschluß der Arbeiten im Gelände und der Rückkehr nach Deutschland übernahm Dr. Karl P. Buttler vom Botanischen Institut in München (Direktor Professor Dr. Merxmüller) die Bearbeitung des mitgebrachten Pflanzenmaterials.

Die Stadt Landshut (Herr Oberbürgermeister J. Deimer) als Arbeitgeber von Dr. G. Spitzlberger wie auch Herr Präsident Prof. Dr. H. Vidal vom Bayerischen Geologischen Landesamt als Arbeitgeber von Dr. H. J. Unger gewährten Dienstbefreiung innerhalb des möglichen Rahmens.

Herr Präsident Prof. Dr. H. Vidal gestattete zudem die geologische Ausarbeitung der Ergebnisse am Bayerischen Geologischen Landesamt. Herr ORR. Dr. M. Salger fertigte die Röntgenfluoreszenzanalysen an. Im Rahmen des Amtes gebührt für wissenschaftliche, ideelle wie materielle Hilfe neben Herrn Dr. O. Ganss, Frau Schlosser, Dr. Doben sowie Herrn Wehrle mit seinen Mitarbeitern unser herzlichster Dank.

Herr Dipl. Ing. Burger (Deutsches Museum München) verwies mich an den Verein Deutscher Eisenhüttenleute in Düsseldorf (Herrn G. Bauhoff) und an Herrn Professor Dr. Ing. K. Roesch, den Fachmann für Fragen der Verhüttung. Prof. Roesch übernahm nach Ausarbeitung der Beilagen die schwere Aufgabe, aus den vorliegenden Fakten eine Stellungnahme zu diesem Objekt abzugeben.

Herr Professor Dr. H. Walter (Salzburg) unterstützte uns in Datierungsfragen an den wenigen gefundenen Scherben. Prof. Dr. S. Lauffer gab wertvolle Korrekturhinweise und erklärte sich dankenswerterweise mit der vorgelegten Form der Publikation einverstanden.

Die Art des hier zu untersuchenden Objektes brachte es mit sich, daß grundsätzliche Überlegungen zur Technologie und Funktionsweise eines Brennofens anzustellen waren. Der Nachweis, daß es sich um einen Kuppelbau gehandelt hatte, in dem Brennvorgänge im allgemeinen stattgefunden haben, mußte erbracht werden; welcher Art diese Brennvorgänge waren, sollte aus den wenigen Hinweisen zu klären versucht werden.

Da gerade für die Kombination Geologie — Technologie des Brennens in Öfen — Archäologie erst in den letzten Jahrzehnten wegweisende Arbeiten erschienen und es bis heute erst sehr wenige Vergleichsobjekte gibt, ist eine Aussage beim heutigen Wissensstand nur unter Vorbehalten möglich.

1. Geographische Übersicht

Das Kopais-Becken liegt 30 km nordwestlich von Theben und 120 km nordwestlich von Athen in Boiotien. Die WNW-ESE-Erstreckung beträgt etwa 24 km bei einer größten Breite von Nord nach Süd von annähernd 13 km (Abb. 1). Nach A. PHILIPPSON (1894) bedeckt das ganze Becken rund 350 qkm, doch entspricht diese Fläche nicht dem ehemaligen Seegebiet, das kleiner (etwa 2/3) gewesen sein dürfte. Da die höchsten Wasserstandsmarken am Felsen von Nisi Strowiki im Jahre 1973 mit + 99,2 m NN ermittelt wurden, dürfte die + 100 m NN-Linie den höchsten Wasserstand markieren, der jemals erreicht wurde.

Nach Süden zu begrenzen die nördlichen Vorberge des Helikon das Becken, im Norden trennt das Chlemos-Gebirge die Kopais vom Meer. Im Osten umrahmt das Ptoon-Gebirge mit seinem westlichen Sporn, dem Kap Mytikas, das Becken, im Südosten trennt der Berg Phagas, — nach der Mythologie der Sitz der Sphinx, — die Kopais von der teneriischen Ebene mit Theben.

Die Benennung der einzelnen Buchten dieses Beckens erfolgt nach A. PHILIPPSON (1894, 6). Von Osten über Süden nach Westen und Norden sind dies:

a) Bucht von Kaneski
b) Bucht von Karditsa
c) Bucht von Koroneia
d) Bucht von Lebadeia
e) Bucht von Chaironeia
f) Bucht von Tsamali
g) Bucht von Pyrgos (Bei A. Philippson nicht genannt)
h) Bucht von Koumitis (Bei A. Philippson nicht genannt)
i) Bucht von Topolia

Die Bucht von Topolia im Nordosten ist die für diese Betrachtung wichtige. Das heutige Dorf Topolia, das alte Kopai, liegt an ihrem westlichen Ende, am nördlichen Rand des Beckens. Die Bucht erstreckt sich von Topolia aus etwa 9 km nach ENE bis Neon Kokkinon und ist in nordsüdlicher Richtung durchschnittlich 2 km breit. Sie reicht an ihrem östlichen Ende bis knapp 6 km an das Meer heran und ist von diesem durch den Sattel von Larymna getrennt.

Der Boden des Kopais-Beckens liegt zwischen + 94 — + 97 m NN, die Bezugslinie der Untersuchungen und Vermessungen bildete die + 100 m NN-Höhenlinie. Die Hauptzuflüsse in das Becken sind im Norden der Melas, der nördlich von Tsamali entspringt und in der Großen Katavothre bei Neon Kokkinon früher das Becken verlassen hatte, um als Quelle von Skroponeri bei Larymna wieder aufzutauchen. Heute wird dem Melas das meiste Wasser zur Bewässerung entnommen, so daß fast kein Abfluß mehr durch die Große Katavothre stattfindet.

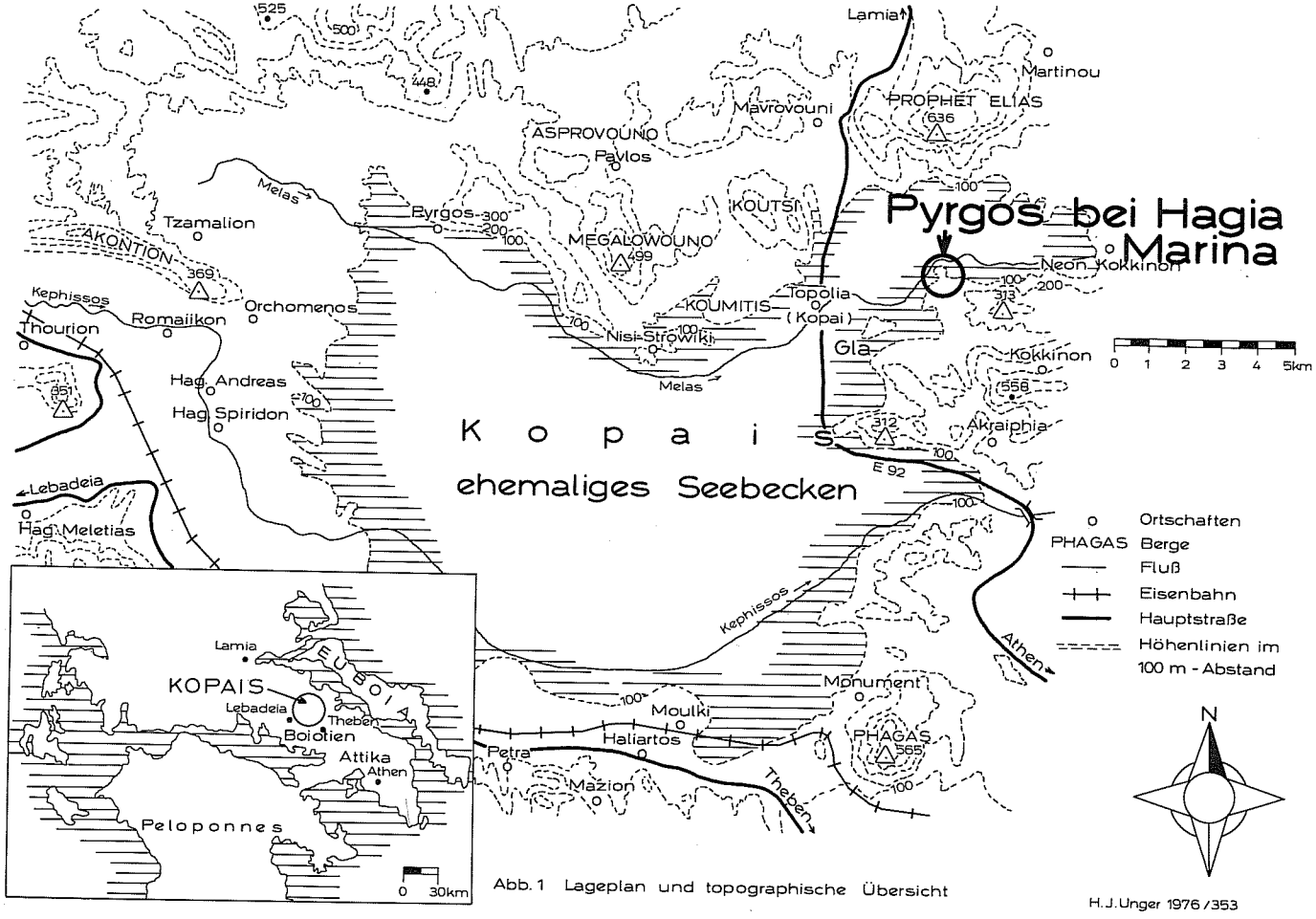


Abb. 1 Lageplan und topographische Übersicht

H.J.Unger 1976/353

Der ehemalige Kopais-See, der ein periodischer Sumpf-See war, bestand offensichtlich als zusammenhängende Wasserfläche nur in der feuchten Jahreszeit, also im Winter und Frühjahr. Der durchschnittliche Wasserstand bei gefülltem See lag bei etwa + 97,5 m NN, die größte Tiefe des Sees dürfte um 4 m gelegen haben. Höchstwasserstandsmarken, die der See über längere Zeiträume hinweg beibehalten haben muß, liegen bei + 99,2 m NN. Nimmt man + 97,5 m NN als die durchschnittliche Wasserstandsmarke an, so müßte der See eine Fläche von knapp 260 qkm bedeckt haben. In den Sommer- und Herbstmonaten dürfte der See teilweise ausgetrocknet bzw. versumpft gewesen sein, wobei nur in den tiefsten Bereichen das Wasser stand. Damals muß hier ein sehr ungesundes Klima geherrscht haben. Erst im Jahre 1948 konnte die Anopheles hier endgültig ausgerottet werden.

Die in geschichtlichen Zeiten erfolgten Versuche zur Trockenlegung des Kopais-Sees müssen in jedem Falle mit klimatisch günstigen Perioden zusammengefallen sein. Wenn heute die Gesamtwassermenge der Zuflüsse insgesamt 4—290 cbm/sec beträgt, so ist diese Menge enpstrechend den derzeitigen günstigen klimatischen Verhältnissen als gering zu veranschlagen. In Zeiten, in denen etwa die Gletscher im alpinen Bereich einen positiven Massenhaushalt zeigten, dürften auch im mediterranen Bereich schlechtere klimatische Bedingungen geherrscht haben und somit auch höhere Zuflußraten angenommen werden.

Setzt man den Beginn des alpinen Postglazials mit 7525 ± 200 v. Chr. an (PATZELT-BORTENSCHLAGER 1973), so ergeben sich für folgende Zeitabschnitte, die für unsere Betrachtung in Frage kommen, klimatisch ungünstige Perioden, in denen auch im Kopais-Becken mit einem dauernden See gerechnet werden kann (zeitliche Verschiebungen nicht berücksichtigt!):

3325 — 225 v. Chr.
1525 — 1125 v. Chr.
925 — 325 v. Chr.
2.— 6. Jh. n. Chr.
12.— 13. Jh. n. Chr.
15. Jh. n. Chr.
1600 — 1850 n. Chr.

Seit etwa 1525 v. Chr. scheint die klimatische Gesamtlage des europäischen Raumes durch langanhaltende feuchtkühle Abschnitte mit nur kurzdauernden Unterbrechungen gekennzeichnet gewesen zu sein (PATZELT-BORTENSCHLAGER 1973, 68). Berücksichtigt man die oben genannten Daten, die für Entwässerungsvorhaben des Kopais-Sees (unter Vorbehalt) grundsätzlich ungünstige Voraussetzungen geboten haben dürften, so kann man für folgende Zeiträume günstige Bedingungen für Trockenlegungsarbeiten erwarten:

2525 — 1525 v. Chr.
1125 — 925 v. Chr.
325 v. Chr. — 2. Jh. n. Chr.
6.— 12. Jh. n. Chr.
13.— 17. Jh. n. Chr.
ab 1850 n. Chr.

Es handelt sich dabei um Zeitmarken, die erst in Verbindung mit archäologischen und geschichtlichen Daten Aussagekraft erhalten können. Zum Beispiel widerspricht diesen aus dem alpinen Raum übernommenen Daten die von A. PHILIPPSON (1894, 69) geäußerte Ansicht, der Kopais-See sei bereits im 12. Jh. n. Chr. durch „natürliche Vorgänge eingeschrumpft". Sicherlich werden sich noch mehrere Ungereimtheiten finden lassen, doch müssen, großräumig betrachtet, zwischen den alpinen und mediterranen Klimaverhältnissen Zusammenhänge bestanden haben.

Wichtig für jeden Trockenlegungsversuch des Kopais-Beckens waren die natürlichen Abflüsse. Diese Abflüsse, Katavothren genannt, sind kavernöse Systeme in den klüftigen Kalken der Ost- und Südost-Seite des ehemaligen Seebeckens. Wenige liegen am Nord-Rand.

Die Häufung der Katavothren am östlichen Beckenrand ist darauf zurückzuführen, daß das Becken im Streichen der Gesteine liegt und seine Abflußrichtung Osten ist, das heißt, der topographisch tiefste Punkt des Beckens liegt am Ostrand. Die Linienführung der Katavothren unter Tage folgt den Schichtgrenzen, Klüften und Spalten im kavernösen Kalk, die sekundär durch Erdbeben erweitert worden sein können. Da die gut gebankten Kalke der Kreide Mergelzwischenlagen führen, ist anzunehmen, daß durch Auswaschung dieser Mergelzwischenlagen im Laufe der Zeit Durchgänge geschaffen wurden. Von der Oberfläche aus ist der Verlauf einer Katavothre im Berg nicht verfolgbar.

Begünstigt wurde die Bildung dieser kavernösen Systeme neben der Lagerung der Kopais im Streichen der Schichten sicherlich auch durch tektonische Einflüsse in Form von Erdbeben. Da das Meer im Osten rund 100 m tiefer liegt als der Boden der Kopais, die Gesteine EW streichen, handelt es sich am Ostrand der Kopais um die schwächste Stelle des Gesamtgefüges, an der die erodierenden Wässer am schnellsten und wirkungsvollsten angreifen konnten.

Die Katavothren stehen durchwegs in Kalken der Oberen Trias bis Unterer Jura und in der Kalk-Mergel-Abfolge der Kreide. Die Bedeutung dieser natürlichen Abflüsse für das ganze Kopais-Becken rechtfertigt eine detaillierte Aufstellung (nach A. PHILIPPSON 1894).

Katavothren (Abb. 2)

1. Katavothre von Strowiki
2. Katavothre von Topolia
3. Katavothre 1 km nördlich von Topolia
4. Katavothre von Palaeomylos
5. Katavothre von Spitia
6. Katavothre von Sykia (mit minyschem Zulaufkanal)
7. Katavothre von Binia
8. Große Katavothre
9. Katavothre von Suda
10. Katavothre an der Ostseite der Insel Gla
11. —12. 2 Katavothren von Ptelea

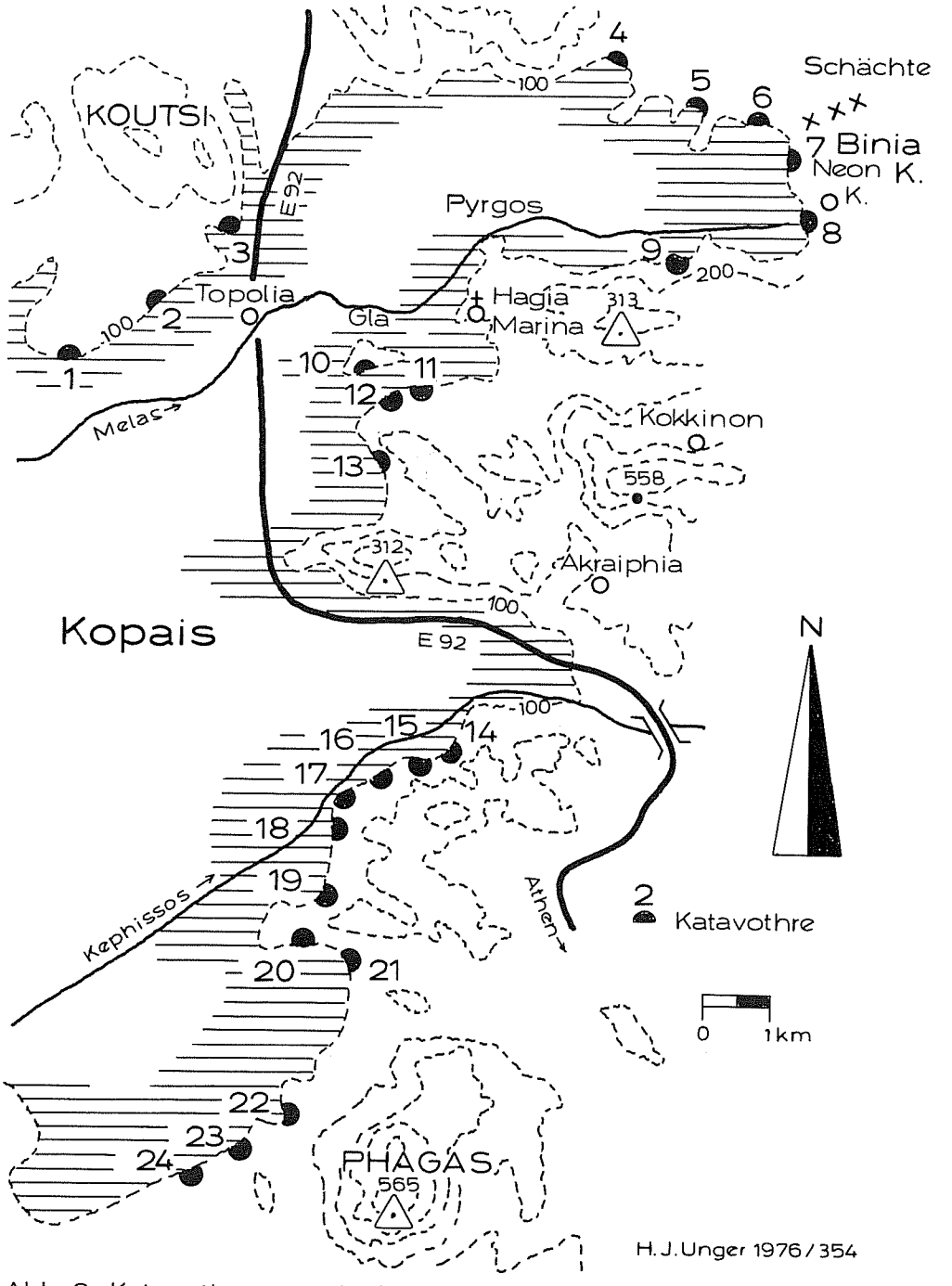


Abb. 2 Katavothren am östlichen Rand der Kopais (n.RE:1354)

13. Katavothre von Vristika
14. Katavothre von Palaeomylos oder Hagios Nikolaos
15. Katavothre von Sopi
16. —19. 4 Katavothren bis zum Kap Hagia Marina
Bucht von Kaneski:
20. Kleine Katavothre
21. Große Katavothre von Kaneski
22. Kleine Katavothre von Kaneski
23. Katavothre von Mavromati
24. Katavothre von Moulki

Die Katavothren Nr. 9—13 sollen zum Paralimni-See hin entwässert haben, die Katavothren Nr. 4—6 speisten angeblich die Quellen von Kephalaria bei Larymna.

An der Nordseite der Bucht von Karditsa gibt es keine Katavothren. Das hat geologische Gründe: Da die Schichten hier EW streichen und wechselndes Einfallen nach Nord oder Süd zeigen, bieten sie kaum Ansatzpunkte für ein erosives Angreifen des Wassers.

Detaillierte Angaben zu den einzelnen Katavothren sind bei A. PHILIPPSON (1894, 46—53) nachzulesen. Eine Beschreibung in diesem Rahmen würde nur eine Wiederholung des bereits dort Gesagten darstellen.

Zur Binia-Katavothre allerdings, die wir im Jahre 1973 aufnahmen, soll eine kurze Erläuterung gegeben werden. A. PHILIPPSON behauptet, der linke (nördliche) Gang der Binia-Katavothre sei der Beginn des künstlichen Tunnels, dessen Schächte KAMBANIS (1892) über den Sattel von Larymna hinweg nach Osten verfolgte. Wie die Vermessung und Aufnahme dieses nördlichen Zweigs der Binia-Katavothre im Jahre 1973 ergab, muß diese Ansicht revidiert werden (Abb. 3, 4). Es ergaben sich bei der Untersuchung keine Hinweise, daß diese Katavothre künstlich angelegt wurde. Es handelt sich um eine natürlich angelegte, in der Schichtung der Gesteine laufende Spalte, die lediglich bis an ihr begehbares Ende durch menschliche Verbauungen begradigt wurde, um dem Wasser einen ungehinderten Abfluß zu ermöglichen.

Heute verlegen 5 größere Verbrüche diesen Stollen, und er ist teilweise sehr schwer begehbar. An seinem nördlichen Ende taucht eine Spalte, etwa 40 cm im Querschnitt, nach ENE ab. Sie kann nicht mehr begangen werden. Bis zu diesem Punkt drangen auch diejenigen vor, die den Stollen ausbauten und in Ordnung hielten.

Der Stollen war vor unserer Befahrung seit langem nicht mehr von Menschen begangen worden. Eine unverletzte Schicht von Höhlenlehm bedeckt den Stollenboden und verspricht bei Nachgrabung sicherlich weitere Aufschlüsse. Steinsetzungen, die Aushöhlungen oder tote Arme abschließen, um dem Wasser einen ungehinderten Lauf zu ermöglichen, sind bis an das Stollenende in größerer Zahl vorhanden. Diese Steinsetzungen konnten nur zu Zeiten errichtet worden sein, als kein Wasser im Stollen floß.

Man kann die Binia-Katavothre somit als natürlich entstandenen Abfluß bezeichnen, der lediglich durch menschliche Einbauten funktionell verbessert und damit funktionsfähig erhalten wurde.

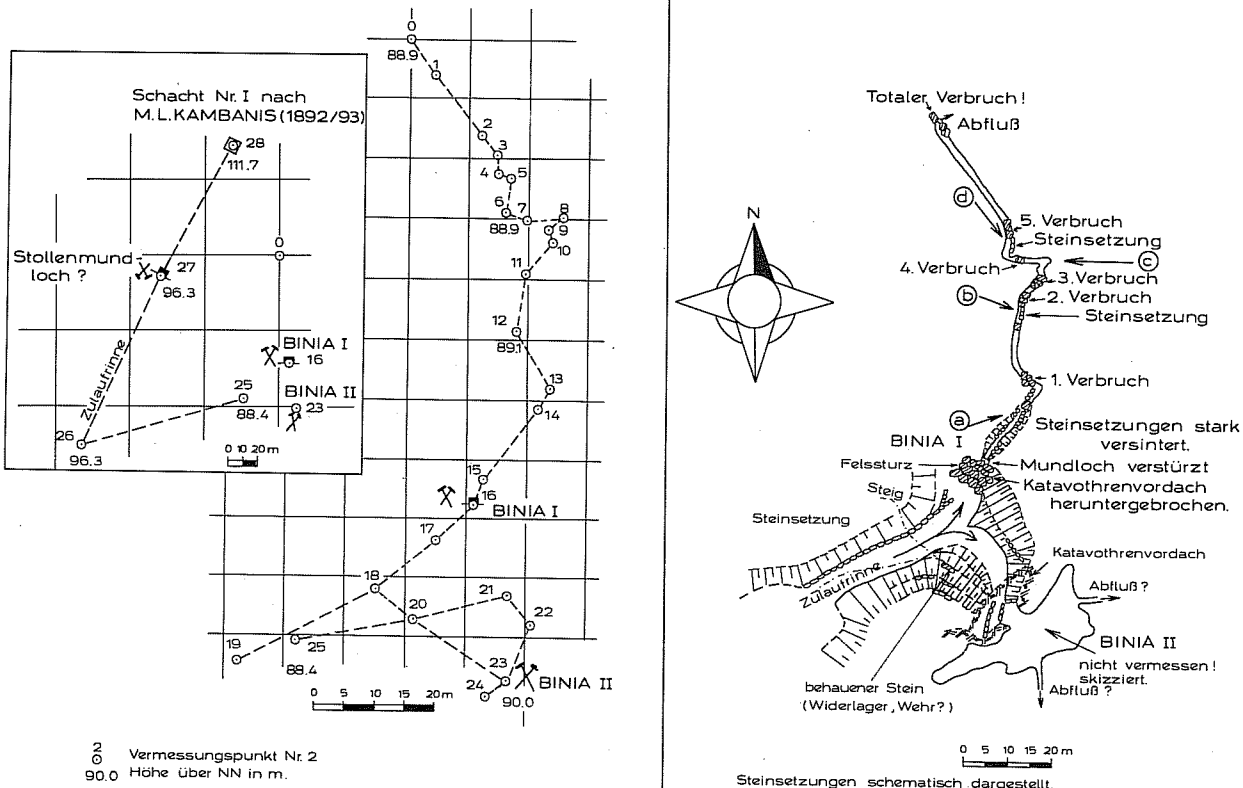
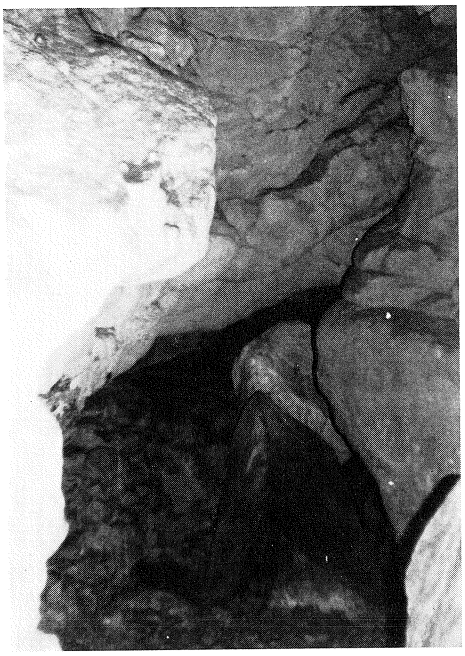
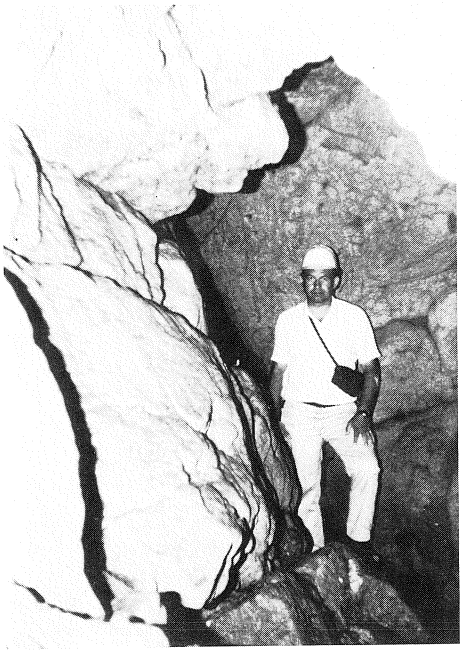


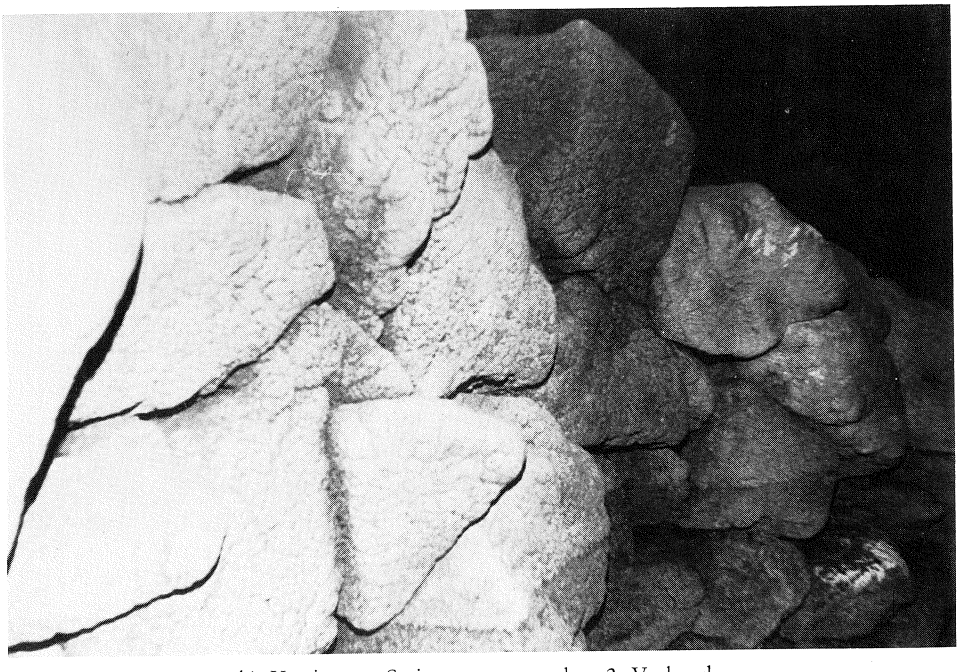
Abb. 3 Vermessung und Darstellung der Binia-Katavothre am Ostrand des Kopaisbecken.



a) Vor dem 1. Verbruch

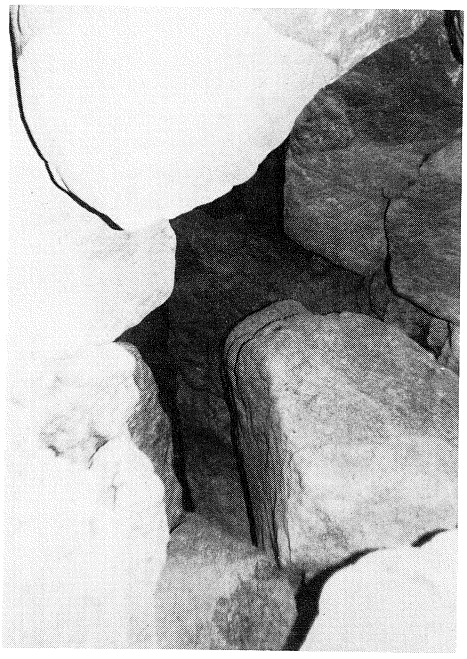


c) Im vorderen Stollenabschnitt

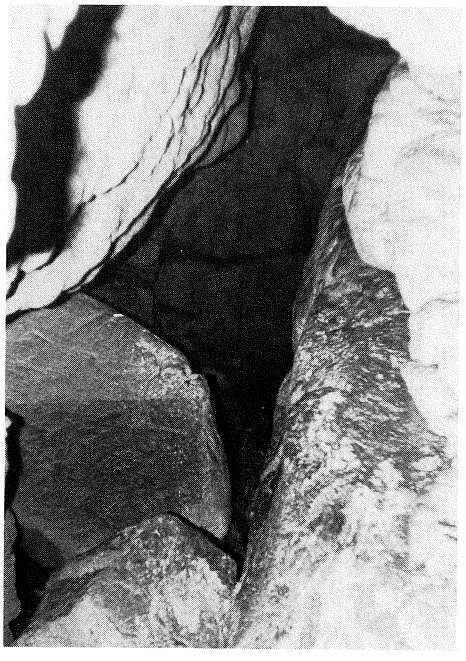


b) Versinterte Steinsetzung vor dem 2. Verbruch

Abb. 4 Steinsetzungen und Verbrüche in der Binia-Katavothre



d) 4. Verbruch



e) Vor dem 5. Verbruch,
Wasserstandsmarke,
Steinsetzung

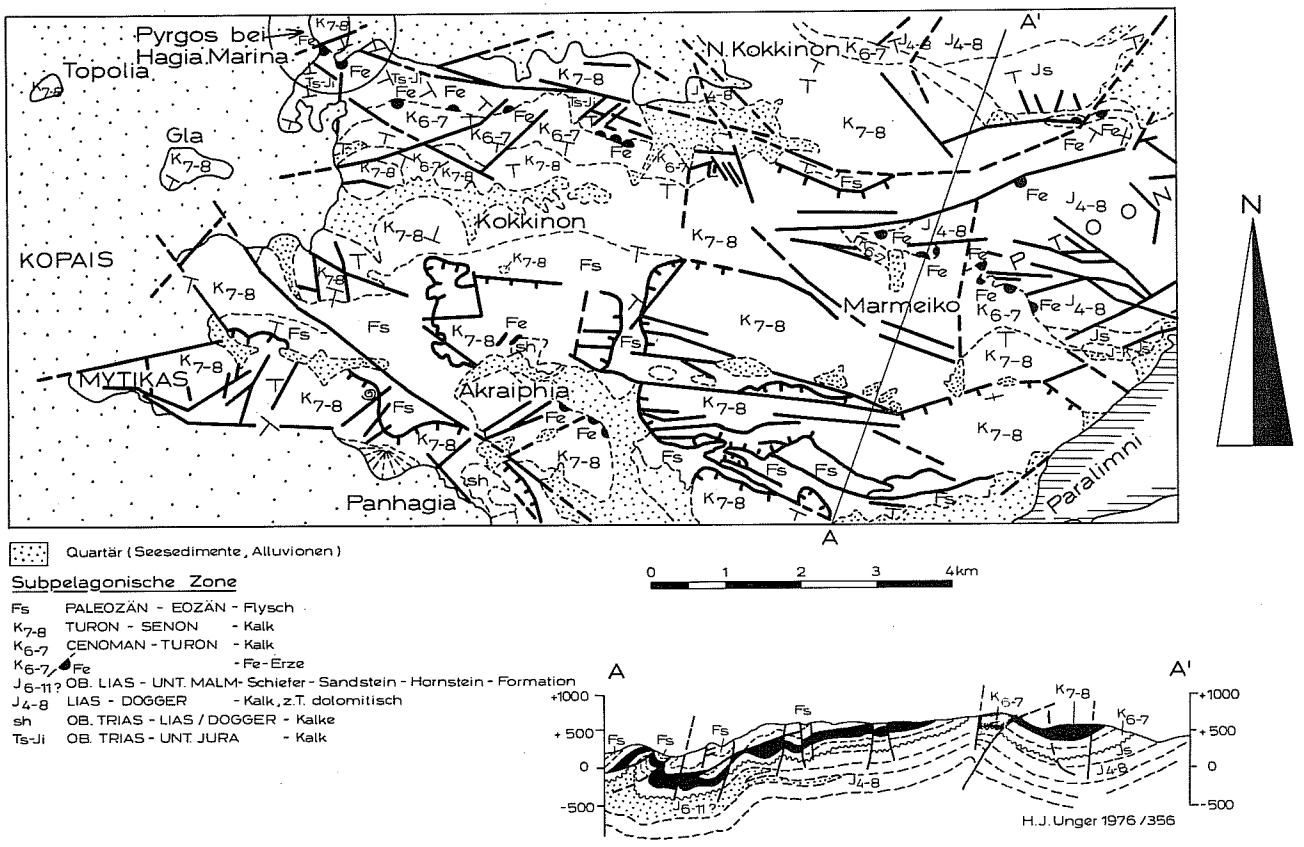


Abb. 5 Ausschnitt aus den Kartenblättern THIVAI SHEET (1966) und VAYIA SHEET (1968) der Geologischen Karte 1: 50 000 von Griechenland. A. TATARIS (1970)

2. Geologische Übersicht

Es war nicht Aufgabe der Kampagne 1975, großräumige geologische Untersuchungen durchzuführen. Aus diesem Grunde wird auf folgende geologische Arbeiten verwiesen:

A. BITTNER (1880), A. PHILIPPSON (1894, 24), C. RENZ, N. CIATSIKAS - IL. PARASKEVAIDIS (1954) und A. TATARIS (1970).

Die Kopais liegt, geologisch betrachtet, in der sogenannten Subpelagonischen Zone (J. AUBOUIN 1959, A. PHILIPPSON: Zone plissée de la Grèce orientale moyenne — 1898 aus L. MERCIER 1973). Die tektonischen Verhältnisse dieser Zone und die sie aufbauenden Gesteine sowie ihr Verhältnis zu den anderen geologischen Einheiten des griechischen Festlandes sind bei den oben genannten Autoren umfassend dargestellt.

Die griechische Landesaufnahme der Kartenblätter 1 : 50 000 (Thivai Sheet 1966 und Vayia Sheet 1968) durch A. TATARIS klärt die Geologie dieses Gebietes befriedigend

Für die Kampagne 1975 war geologisch die nähere Umgebung des zu untersuchenden Objektes und das zu Tage anstehende Erz interessant.

2.1 Die Geologie der näheren Umgebung des Ofens (Abb. 6)

Der Stadtberg Pyrgos bei Hagia Marina baut sich aus Kalken der Oberkreide auf. Südlich daran anschließend bilden Kalke der Oberen Trias bis Unterer Jura das Gestein der Hügel.

a) *Kalke der Oberkreide* (Turon — Senon): K_{7-8}

Charakteristik: Kalke, gewöhnlich mikrokristallin, von grauer, hellgrauer, weißgrauer und weißer Farbe.
Bänke von mittlerer Mächtigkeit mit einzelnen Mergelzwischenlagen.
Streichen um EW, Einfallen nördlich der sogenannten Lände nach Norden, südlich davon nach Südosten.

P r o b e n : M 4 Calpionellen — Radiolarien — Kalk

M 5 mikrokristalliner Kalk, Mikrofaunen nicht bestimmbar

M 6 mikrokristalliner Kalk

M 7 grobkristalliner Kalk, dicke Schalenreste

M 8 grobkristalliner Kalk mit Schalenresten

An mehreren Stellen am Fuße des Berges konnten Bruchstücke von *Hippurites* gefunden werden.

Auf den von A. TATARIS (1970) aufgenommenen Blättern fanden sich in diesen Gesteinen folgende Faunen:

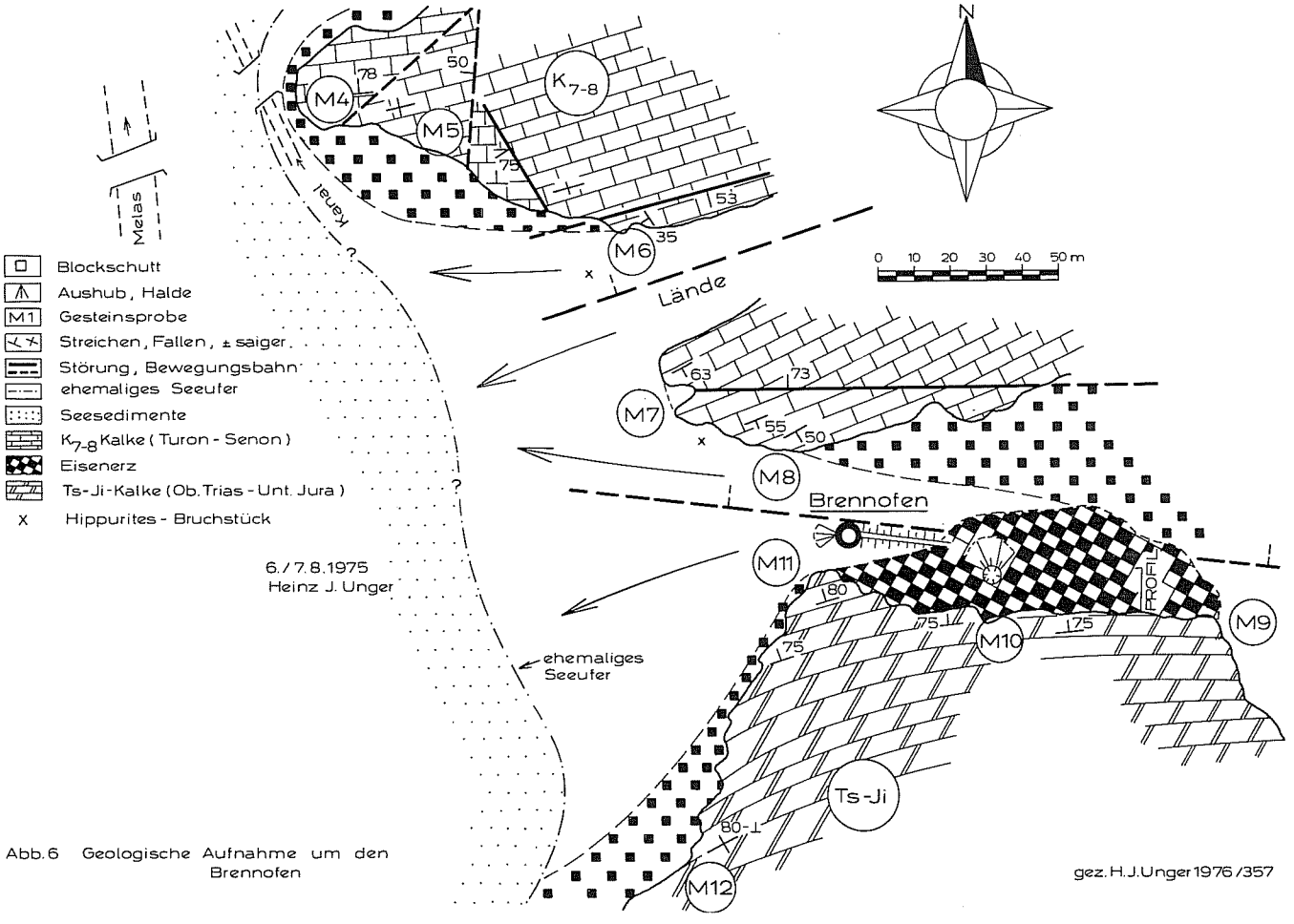


Abb. 6 Geologische Aufnahme um den Brennofen

gez. H. J. Unger 1976/357

Rudisten
Gasteropoden
Korallen
Algen
Bryozoen
Ostracoden
Radiolarien

Foramaniniferen: Miliolidae
Orbitoides sp.
Siderolites sp.

Die Proben M 4—8 wurden aufbereitet. Es fanden sich in ihnen keine Mikrofaunen.

b) *Taleinschnitt zwischen dem Stadtberg Pyrgos bei Hagia Marina und dem südlich anschließenden Bergrücken* (Abb. 6)

Hier lagert das Erz, das in einem eigenen Kapitel behandelt wird.

c) *Südlicher Rücken — Kalke der Oberen Trias bis Unteren Jura* Ts—Ji

Charakteristik: Kalke, z. T. dolomitisch, gewöhnlich mikrokristallin, von mittelgrauer bis grauer Farbe, z. T. fein gebankt, im allgemeinen stärker gebankt. Selten mit Hornsteineinschlüssen, die meistens in den tieferen Bereichen dieser Abfolge lagern und die nach A. TATARIS (1970) in anderen Bereichen eine reiche Fauna geliefert hat. Diese Kalke bilden in den meisten Fällen die Basis der Eisenerzlager. Die mittlere und obere Kreide liegt transgressiv darüber.

Das Streichen liegt um EW, das Einfallen um Nord bis Nordwest, weiter nach Süden ist ein Sattel zu beobachten.

P r o b e n : M 9 Onkolith, undeutliche Strukturen

M 10 Onkolith (mit ? Ostracoden)
M 11 extremer Onkolith
M 12 feinkörniger Calpionellen-Kalk

Fauna nach A. TATARIS (1970)

Lamellibranchiaten in Bruchstücken
Echinodermen in Bruchstücken
Gasteropoden
Ostracoden
Radiolarien
Foraminiferen: Miliolidae
Lagenidae

Wie in den Oberkreide-Proben fanden sich nach Aufbereitung in den Proben M 9—12 keine Mikrofaunen.

Im Gegensatz zum näheren nördlichen Bereich des Erzes um den Stadtberg Pyrgos herum konnten im südlichen keine Störungen auskartiert werden. Zwischen beiden Einheiten liegt eine Transgressionsfläche. Weiter im Süden sind Bewegungsbahnen wieder gut faßbar.

Am Fuße der anstehenden Kalke säumen größere Blockschutthalden die Hügel. Die sogenannte Unterstadt, die sich vom Fuße der Hügel sanft gegen das ehemalige Seeufer senkt, bildet ebenfalls Blockschutt, überdeckt von eingeschwemmtem Boden- und Erz-Material.

Den ehemaligen Seeboden bedecken typische Seesedimente, wobei ein hoher Anteil an Seekreide allein auf Grund der Färbung des Bodens nicht zu übersehen ist. Tone wurden im näheren Bereich des Ofens nicht aufgeschlossen gefunden, doch ist anzunehmen, daß die Sedimente des Seegebietes stellenweise hohe Tongehalte haben.

2.2 Tektonik

Wie das Profil (Abb. 7) zeigt, handelt es sich großräumig um einen tektonisch zerlegten Mulden- und Sattelbau.

Es soll nicht unerwähnt bleiben, daß nach meinen Beobachtungen während dieser zwei Kampagnen und den sicheren Hinweisen durch die Katavothren, es nicht ganz auszuschließen ist, daß es sich beim Kopais-Becken um eine riesige Doline handeln könnte, deren Entstehung eventuell durch Erdbeben beschleunigt wurde. Dies ist aber eine bis jetzt nicht einwandfrei zu beweisende Vermutung. Tektonisch würde es sich demnach bei der Kopais um einen Einbruch handeln, der hervorgerufen und begünstigt wurde durch kavernöse Prozesse in den dafür geeigneten Gesteinen.

2.3 Das Erz (Abb. 8)

(Analysen M. SALGER 1975)

Da die Untersuchung des Ofens unter dem Gesichtspunkt angesetzt war, daß es sich bei der Nähe zum anstehenden Erz eventuell um einen Eisenschmelzofen handeln könnte, wurde das Erzlager im Detail aufgenommen, beprobt und untersucht.

Die wichtigsten Eisenerzlagerstätten Griechenlands liegen am ehemaligen Kopais-See (Neon Kokkinon, Pyrgos usw.), auf Euböa und Skyro. Sie liegen als Lager zwischen triassisch-jurassischen Kalken bis Dolomiten im Liegenden und Oberkreide-Kalken im Hangenden. Sie dürften ursprünglich weite Flächen bedeckt haben. Zum größten Teil sind sie der Erosion zum Opfer gefallen, so daß sie heute nur in kleinen Resten vorliegen. Die Struktur des Erzes wechselt sehr stark, teils ist es dünn geschichtet und dicht mit einem stellenweise hohen SiO_2-Gehalt, ähnlich eisenhaltigen quarzitischen Schiefern, teils ist es fein- bis groboolithisch; dann ist es locker gepackt, brüchig und leicht erodierbar. Die Mächtigkeiten schwanken zwischen 5—15 m. Charakteristisch sind die im Liegenden einiger Lagerstätten auftretenden Bereiche mit hohen Cr- und Ni-Gehalten (z. B. Larymna).

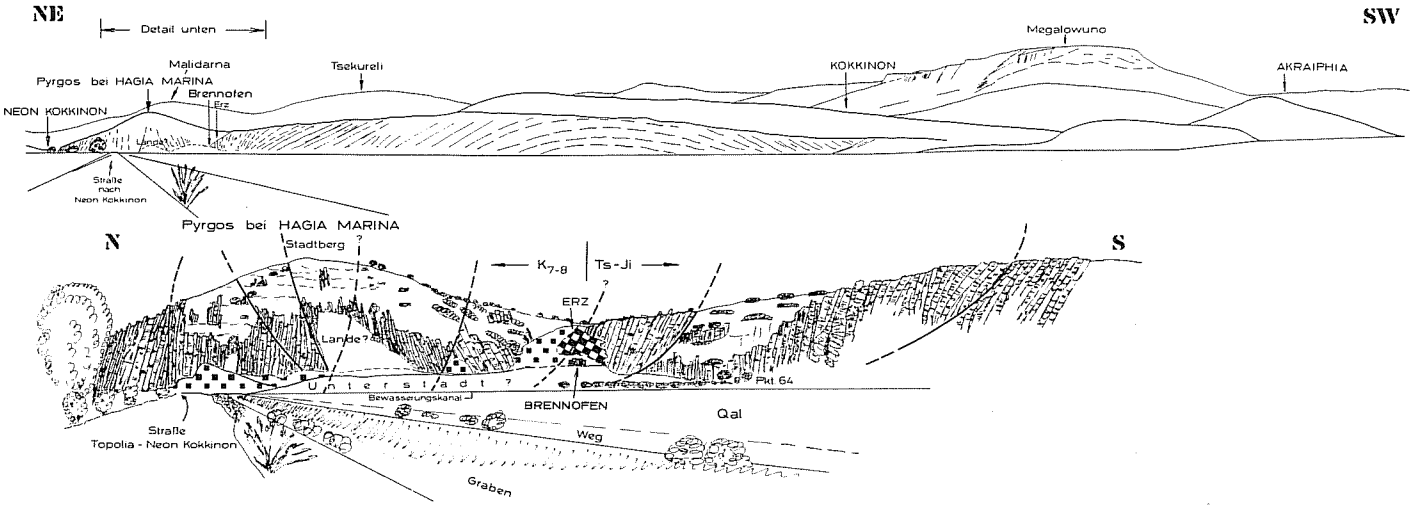


Abb 7 Topographische und geologische Profile über den Pyrgos bei Hagia Marina (Kopais)

Heinz J Unger 1976/358

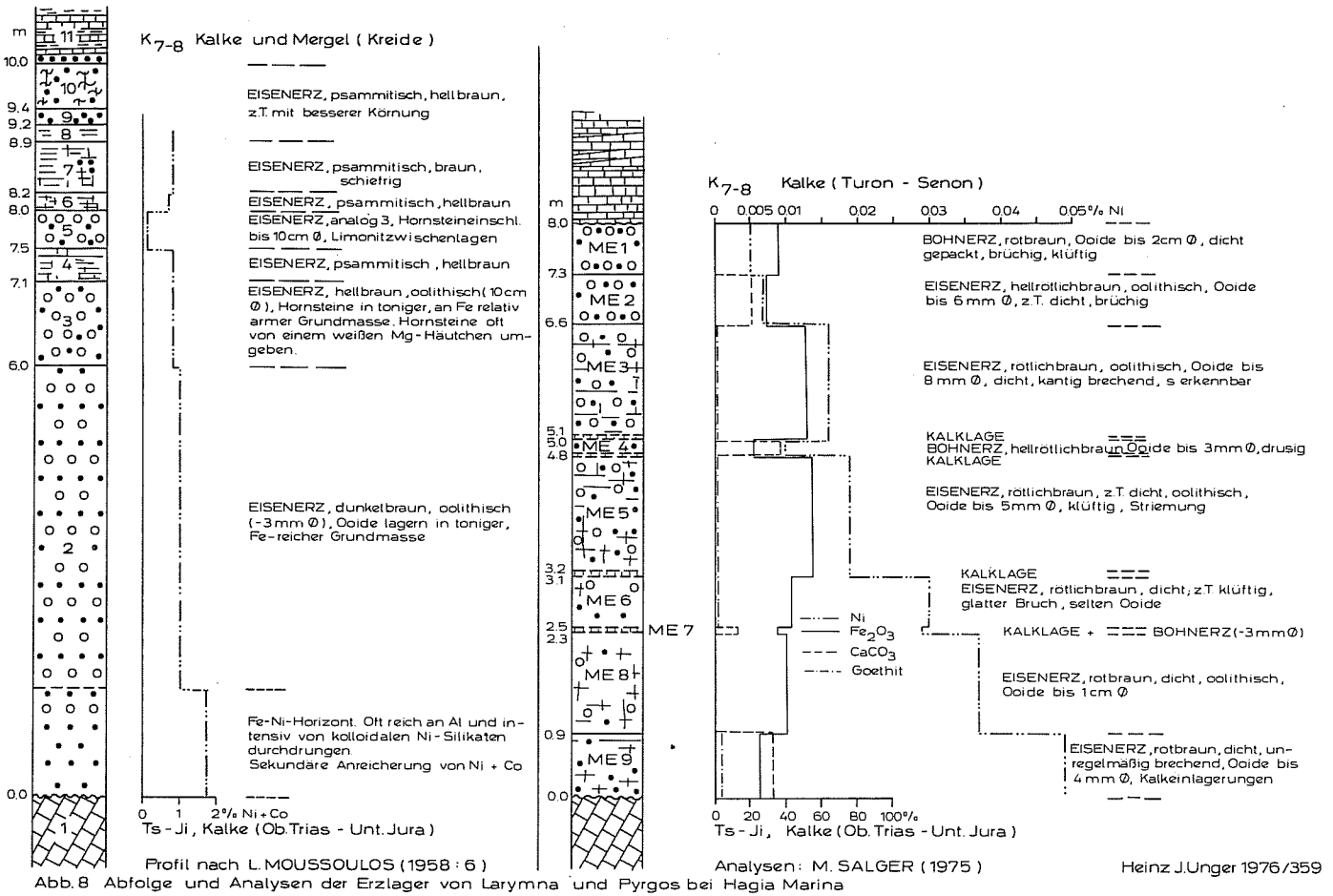


Abb. 8 Abfolge und Analysen der Erzlager von Larymna und Pyrgos bei Hagia Marina

Die Lagerstätte am Pyrgos bei Hagia Marina ist sedimentären Ursprungs und scheint in Randlage eines größeren Vererzungskomplexes entstanden zu sein. Dies geht aus ihrer im Vergleich zu Larymna geringeren Mächtigkeit und dem Fehlen des markanten Ni-Horizontes im Liegendbereich hervor.

Das Erz ist ein Hämatiterz mit wechselnden, teilweise fehlenden oder geringeren Goethit-Gehalten. Die Gangart ist Kaolinit in allen und Kalzit in einem Teil der Proben. Dieses Erz ist durch tropische Verwitterung von unverwittert nur etwa 7 % Fe enthaltenden Ophiolithen entstanden. MgO und SiO_2, in untergeordneter Menge auch Ni, Co und S wurden dabei weggeführt, so daß schließlich ein Erz von 50 % und mehr Fe, 10 % AlO, 1,3 % Cr und 0,8 % Ni und Co übrig blieb. Der Erzmineralbestand ist Hämatit, verschiedene Brauneisenminerale, Magnetit, Aluminiumhydroxid und untergeordnete Bestandteile lassen sich analysieren.

Eine Zonierung, wonach Hämatit vornehmlich im hangenden Bereich und Brauneisen im Liegenden des Lagers auftreten sollen, ist hier nicht nachzuweisen.

Das hier untersuchte Erz ist, außer einer dünnen verfestigten Kruste an der Tagesoberfläche, locker und sehr porös. Ferromagnetische Eigenschaften konnten nachgewiesen werden.

Den inneren Aufbau des Erzkörpers bildet eine Folge von Cr- und Fe-Ni-haltigen Erzlagen, wobei höhere Ni-Werte besonders in tonigen Lagen oder Knauern auftreten. Zwischenlagen von Kalk im Erz sind deutlich faßbar.

Die über dem charakteristischen Fe-Ni-Horizont, der an der Basis liegt, folgenden Schichten des Erzes sind im allgemeinen Fe-reich und Ni-arm und zwar in der Art, daß sie als reine Fe-Lagerstätte anzusprechen sind.

Analyse des Erzes:

SiO_2	7,60 %	SO_3	0,115 %
Al_2O_3	14,01 %	P_2O_5	0,021 %—0,009 %
Fe_2O_3	66,85 %	CO_2+H_2O	4,550 %
Cr_2O_3	3,34 %	TiO_2	0,300 %
CaO	0,75 %	Fe	46,50 %
MgO	1,36 %	Cr	2,3 %
MnO	0,41 %	Ni	0,95 %

Die einzelnen Lagen des Erzes können auf kurze Distanz in ihrer Mächtigkeit stark schwanken.

Das Liegende des Erzes bilden Kalke bis Dolomite triassischer bis jurassischer Entstehung, das Hangende bildet oberkretazischer Kalk des Turon bis Senon mit Mergeleinschaltungen, der konkordant zum Erz lagert. Am Kontakt des Oberkreide-Kalkes zum Erz beobachtet man des öfteren Linsen aus dunklem, tonigem Material, die pisolithischen Markasit umschließen.

In unmittelbarer Nachbarschaft des Erzes nimmt die sedimentäre Serie im Hangenden eine Wechsellagerung zwischen tonmergeligen und kalkigen Lagen ein. In größerer Entfernung vom Erz verschwindet der Tonmergel, und die oberkretazische Abfolge liegt in dünn- bis mittelgebankten Kalken vor. Diese Kalke bilden morphologisch den Steilabfall des Stadtberges Pyrgos bei Hagia Marina zum Kopais-Becken.

Die Vererzung bildet die Basis der Kreideablagerungen. Zur triassisch-jurassischen Unterlage besteht vom Erz her Winkel- und stratigraphische Diskordanz, diese Fläche entspricht einer alten Erosionsfläche. Sie zeigt morphologische Unregelmäßigkeiten — Taschen, Vertiefungen und Auskolkungen —. In diesen Vertiefungen des ehemaligen Erosionsreliefs sammelte sich bevorzugt das tonige Material mit den hohen Ni-Gehalten. Die Ooide des Erzes können in einzelnen Lagen bis zu 2 cm Durchmesser erreichen. Vor Beginn der Untersuchungen wurde vermutet, es könne sich bei einem Ofen in so enger räumlicher Lage zu einem obertags anstehenden Erz, das auf Grund seiner intensiv rotbraunen Farbe auffällt, nur um einen Eisenschmelzofen gehandelt haben. Basierend auf dieser Arbeitshypothese wurden die Untersuchungen begonnen, doch stellten sich schon im Laufe der Untersuchungen am Objekt Zweifel an der Richtigkeit dieser Annahme ein. Im Laufe der Auswertung der erarbeiteten Ergebnisse wurde dann klar, daß diese Hypothese nicht zu halten sein werde.

Nach eingehenden Studien an geschichtlich datierbaren Eisenschmelzöfen und nach der Konsultation von Herrn Professor Dr. Ing. K. Roesch, wurde endgültig davon abgegangen, daß es sich bei dem untersuchten Objekt um einen Eisenschmelzofen gehandelt haben könnte.

3. Durchführung der Untersuchung

Die Arbeit am Stadtberg Pyrgos bei Hagia Marina begann mit der Vermessung des Geländes um den Ofen, wobei an die Vermessung des Jahres 1973 angeschlossen wurde (Abb. 9). Als nächster Schritt wurde die nähere Umgebung geologisch aufgenommen, Gesteinsproben entnommen, das Erz vermessen und im Detail beprobt. Nach Abschluß dieser Arbeiten wurde der Ofen untersucht. Nach der Vermessung, fotographischen Aufnahme und steingerechten Aufnahme im unberührten Zustand begann die halbseitige Säuberung (Abb. 10, 12, 13). Diese gestaltete sich sehr schwierig, da die Steine der ehemaligen Kuppel in das Innere gestürzt waren. Sie mußten im Laufe der Säuberung einzeln aus dem Inneren herausgehoben werden. Zudem stand die andere Hälfte des Materials im Ofeninneren sehr schlecht. Zu diesen technischen Schwierigkeiten kam, daß das Ofeninnere ein Versteck von Schlangen war. Wir mußten eine Hornviper und zwei nicht zu bestimmende, schwarze, dünne, etwa 0,7 m lange Schlangen töten; eine Hornviper entkam uns in den nicht ausgeräumten Abschnitt des Ofens, und sie stellte eine dauernde Gefährdung während der Arbeiten dar (Abb. 11, 13). Nachdem 1,6 m Schutt aus dem Innern entfernt waren, — eine Stratifizierung war nicht möglich, das Ofeninnere war bereits gründlich durchwühlt worden — wurde die Basis der Steinsetzung der Außenmauer erreicht (Abb. 14).

Bereits 0,8 m oberhalb der Basis zeigte sich eine 0,4 m mächtige harte Kalkkruste an den untersten Steinlagen. 0,4 m unterhalb der tiefsten Steinsetzung des Ofens trat diese Kalkschicht auch im Ofeninneren auf. Sie bedeckt offensichtlich den ganzen Ofeninnenraum und war nur mit großer Mühe zu durchstoßen. Am Rande gegen die Steinsetzung fand sich auf dieser Kalkkruste an einigen Stellen nur in ganz geringen Mengen Asche. Offensichtlich lag der ehemalige Ofenboden in Höhe der tiefsten Steinsetzung, während die Eintiefung entweder ein Konstruktionscharakteristikum bereits während der ersten Betriebsperioden war oder zu einem späteren Zeitpunkt vorgenommen wurde (Abb. 14).

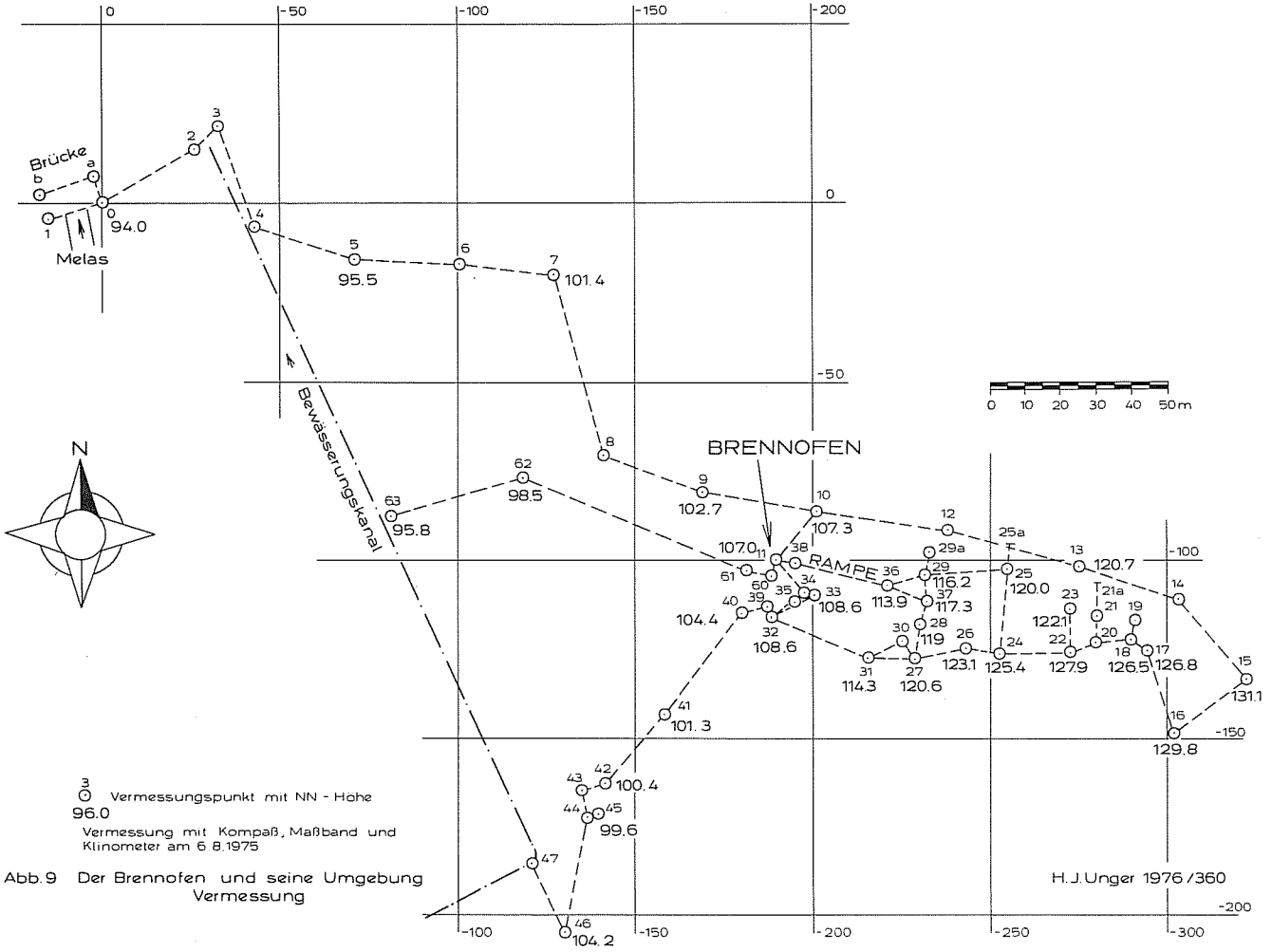


Abb. 9 Der Brennofen und seine Umgebung
Vermessung

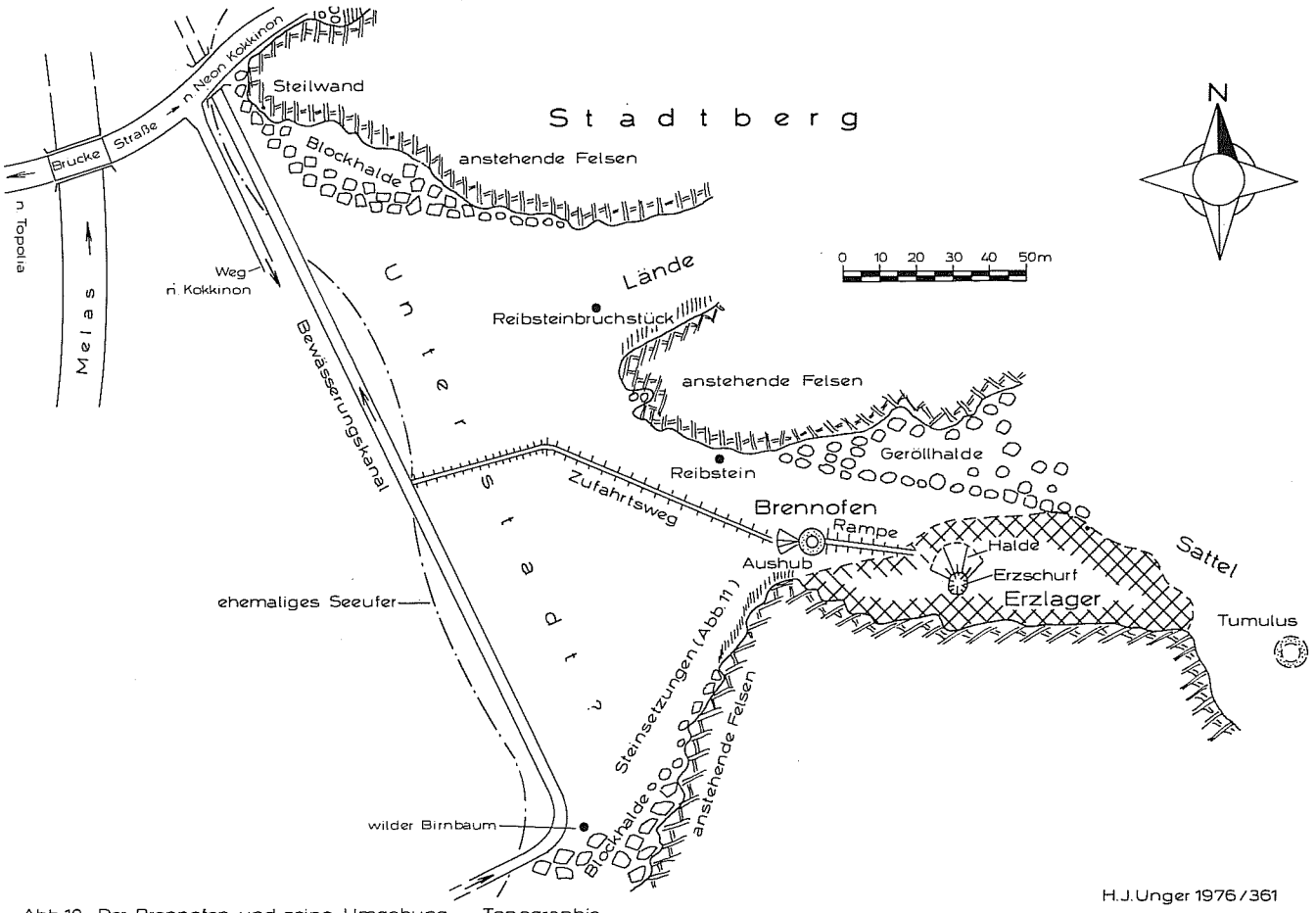


Abb.10 Der Brennofen und seine Umgebung - Topographie

H.J.Unger 1976/361

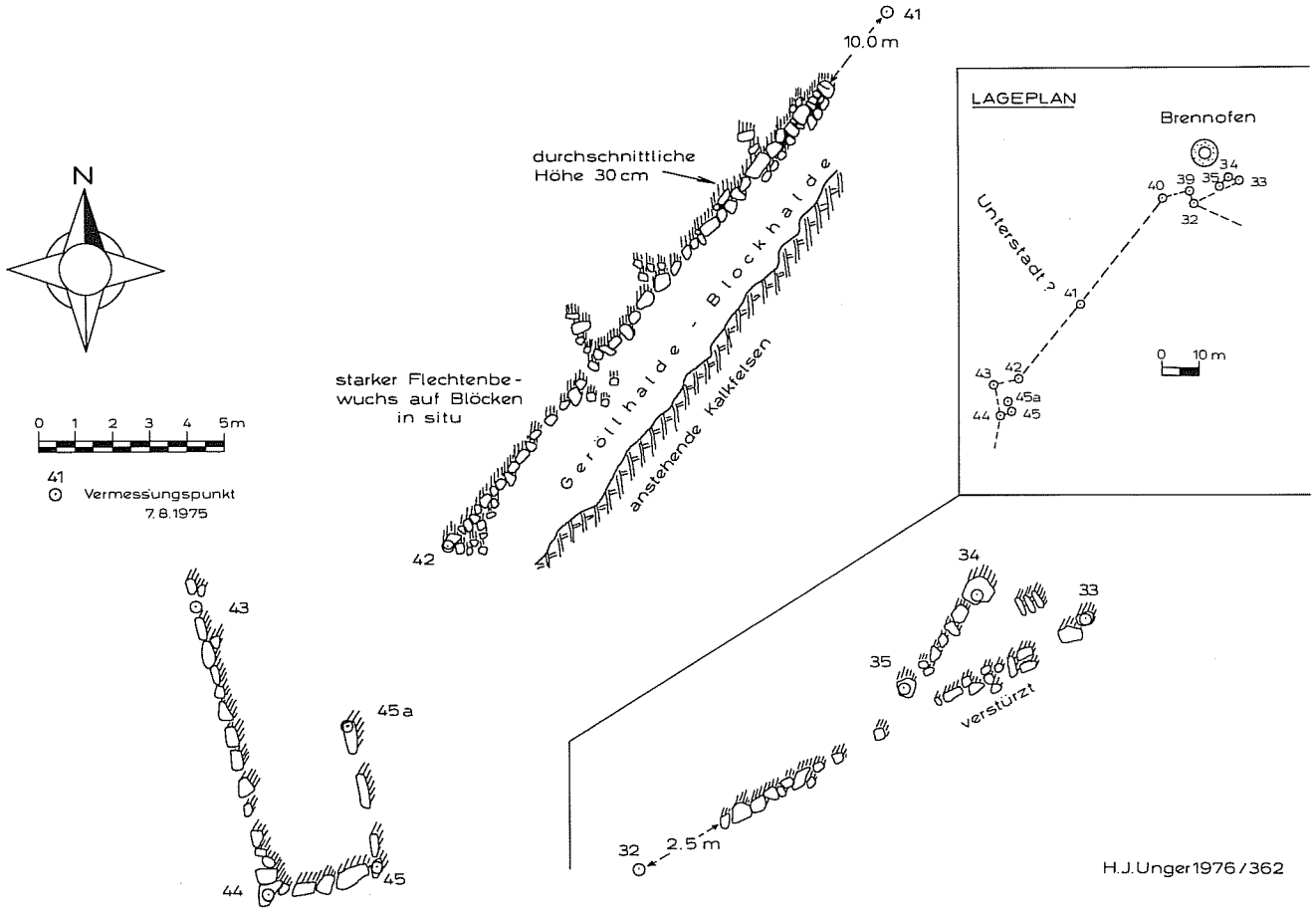
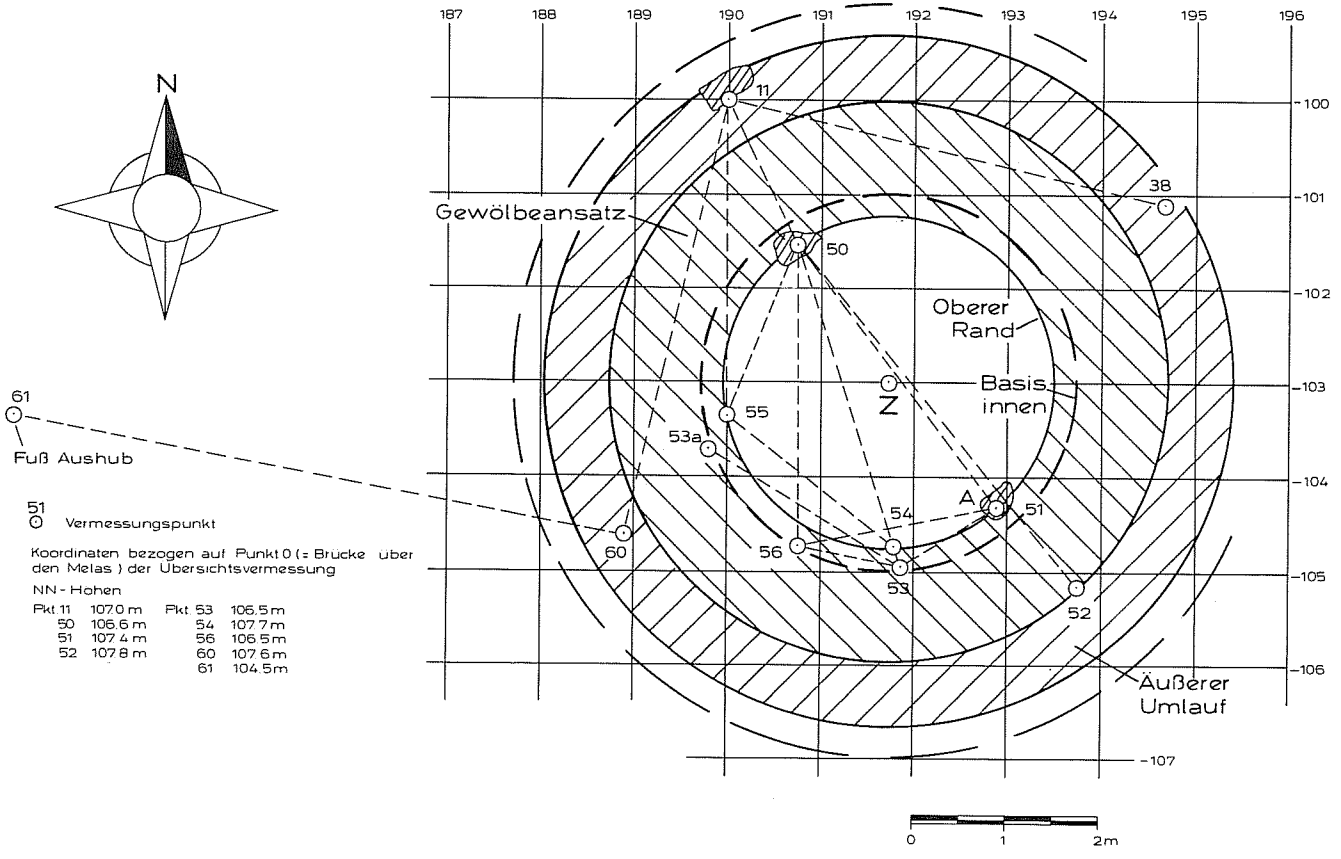


Abb.11 Der Brennofen und seine Umgebung - Steinsetzungen zwischen den Vermessungspunkten 32-35 und 41-45 (Unterstadt?)



51 ⊙ Vermessungspunkt

Koordinaten bezogen auf Punkt 0 (= Brücke über den Melas) der Übersichtsvermessung

NN-Höhen

Pkt. 11	107.0 m	Pkt. 53	106.5 m
50	106.6 m	54	107.7 m
51	107.4 m	56	106.5 m
52	107.8 m	60	107.6 m
		61	104.5 m

Abb. 12 Brennofen am Pyrgos bei Hagia Marina - Vermessung

H. J. Unger 1976 / 363

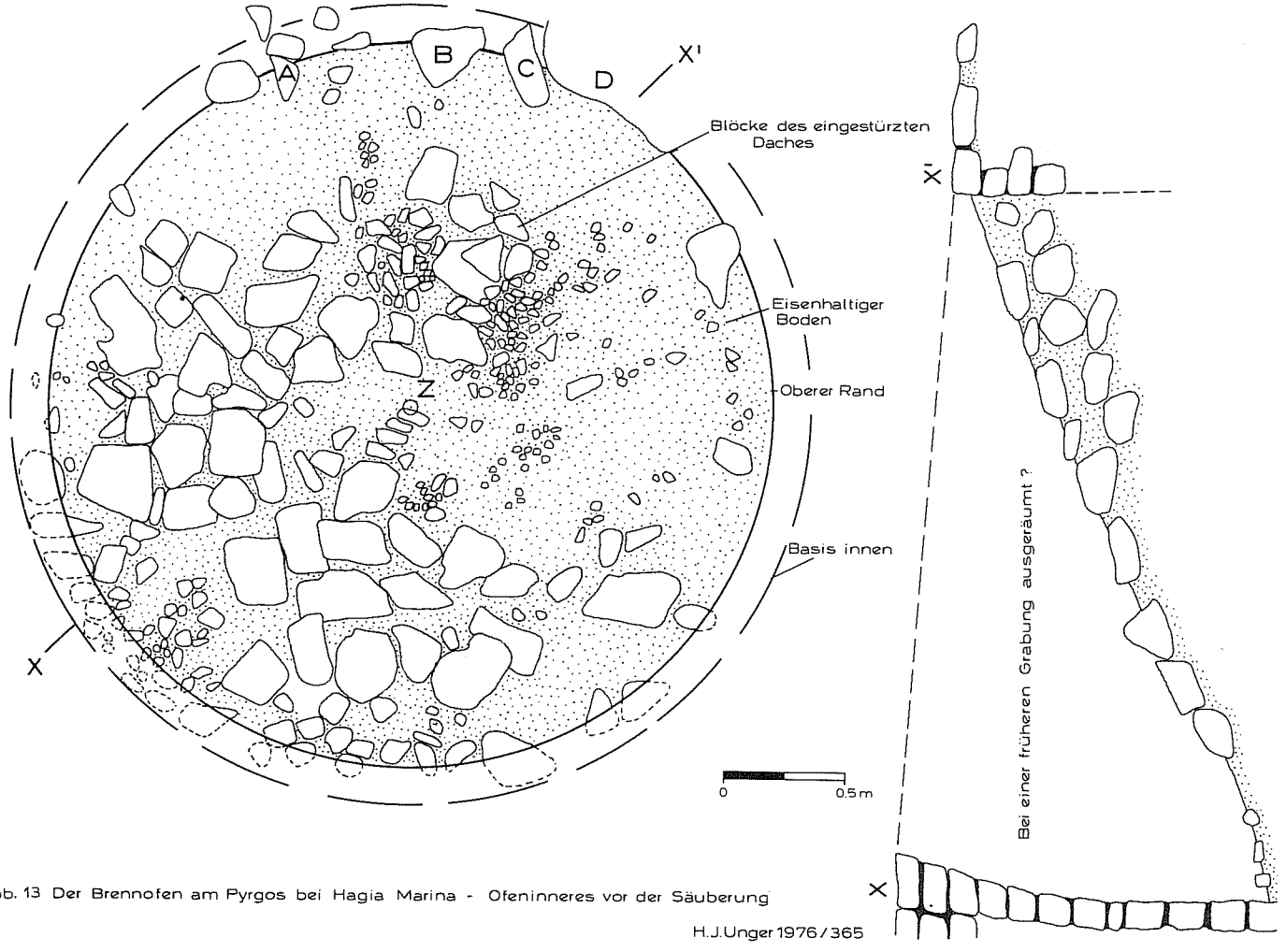


Abb. 13 Der Brennofen am Pyrgos bei Hagia Marina - Ofeninneres vor der Säuberung

H.J.Unger 1976/365

Es fanden sich, bis auf die bescheidene Menge von etwa 20 g, keine Eisenschlacken. Diese Schlacke kann von einem zufällig in den Kalkbrennprozeß eingebrachtem Stück Erz stammen. 1,3 m unter der Schuttoberkante im Inneren des Ofens wurden drei Scherben gefunden, deren zeitliche Einordnung durch Herrn Professor Dr. WALTER (Salzburg) vorgenommen wurde (vgl. S. 47). Kleinere Scherben in einem höheren Niveau waren in das vergangene Jahrhundert zu datieren und legten eben die Vermutung nahe, daß dieses Objekt bereits im vergangenen Jahrhundert durchwühlt wurde.

Nachdem die etwa 0,4 m im Durchschnitt dicke Kalkkruste im Ofen durchbrochen war, fand sich lockerer, gelöschter, rein weißer Kalk. Bis 1,6 m unter die Oberkante der verhärteten Kalklage wurde stufenweise abgegraben, ohne irgendwelche Hinweise oder Funde zu bekommen. Danach wurde die Säuberung eingestellt.

An diesem Punkte der Untersuchung im Gelände tauchte die Vermutung auf, es könnte sich in der letzten Betriebsphase des Ofens um eine Kalkgrube gehandelt haben. Da eine tiefere Ausräumung des Ofens neben technischen Schwierigkeiten auch nicht mehr im Rahmen der genehmigten Säuberung zu vertreten war, wurde 1,6 m unterhalb der verhärteten Kalklage im Kalk die Ausräumung eingestellt. Es steht zu vermuten, daß die eigentliche Basis der Kalkgrube noch 1—1,5 m tiefer liegen dürfte, um ein möglichst großes Volumen zu erhalten.

4. Ergebnisse der Untersuchungen am Ofen

4.1 Diskussion und Schlußfolgerungen vom technisch-naturwissenschaftlichen Standpunkt aus

Faßt man die Ergebnisse der Untersuchungen zusammen, so ergibt sich folgendes Bild:
Es handelt sich um einen runden Ofen mit einem Innendurchmesser von etwa 3,5 m, einem Außendurchmesser von 7,5 m an der Basis und 5,5 m oberhalb des „Umlaufs". Die Innenhöhe dürfte 3,5 m betragen haben. Die Basis des Ofens liegt bei etwa + 105 m NN (Abb. 15).

Die Mauerstärke an der Basis beträgt 2 m, oberhalb des „Umlaufs" reduziert sie sich auf 1 m. Offensichtlich wölbte sich oberhalb des „Umlaufs" eine Kuppel, die aus statischen Gründen kreisrund gewesen sein dürfte.

Der Innendurchmesser des Ofens hat sich nach oben zu verjüngt, die 2 m mächtigen Mauern an der Basis bildeten ein gutes Widerlager, um einen Druck von Innen aufzufangen. Von der Bergseite her führte eine heute nur noch schlecht erkennbare Rampe zum Ofen, die auf Höhe des „Umlaufs" den Ofen erreicht. Vom Ofen weg zum ehemaligen Seeufer hinunter, also nach Westen, kann man heute noch durch das Feld einen aufgeschütteten Dammweg beobachten (Abb. 10).

Die unbehauenen Kalksteinblöcke der Ofenmauerung wurden mit Lehm hochgezogen, die sich ergebenden Fugen wurden mit Lehm verstrichen. Vor jedem Brennvorgang wurde der Ofen innen mit einer bis zu 10 m dicken Lehmschicht ausgestrichen, um ein Brennen der Mauersteine zu verhindern. Spuren dieser Innenauskleidung aus Lehm fanden sich noch. Doch muß die im Ofen erzeugte Temperatur so hoch gewesen sein, daß sie durch diese schützende Lehmschicht hindurch die Randsteine im Inneren des Ofens noch bis zu 15 cm tief frittete (Abb. 14).

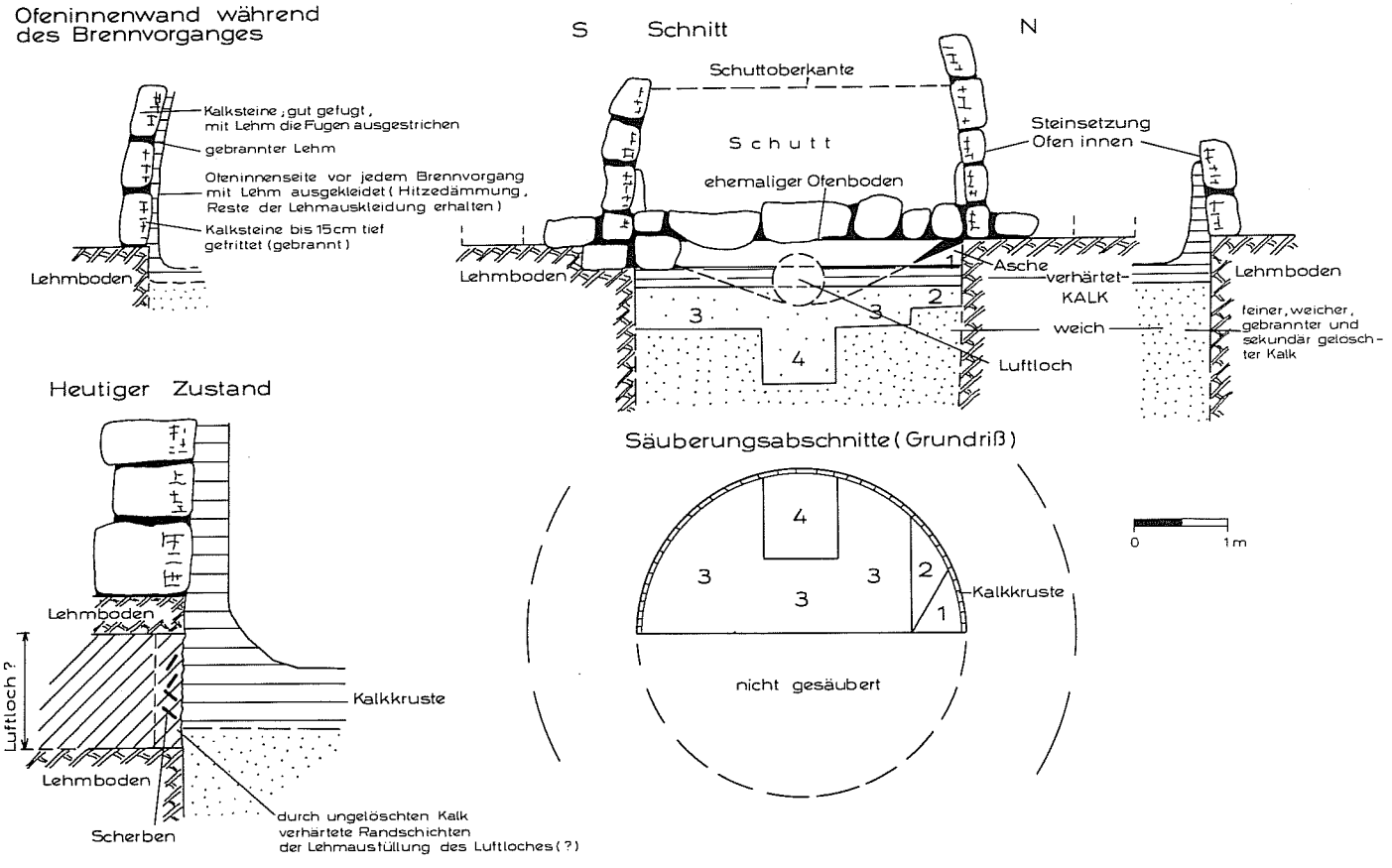


Abb.14 Der Brennofen am Pyrgos bei Hagia Marina - Details

H.J.Unger 1976/366

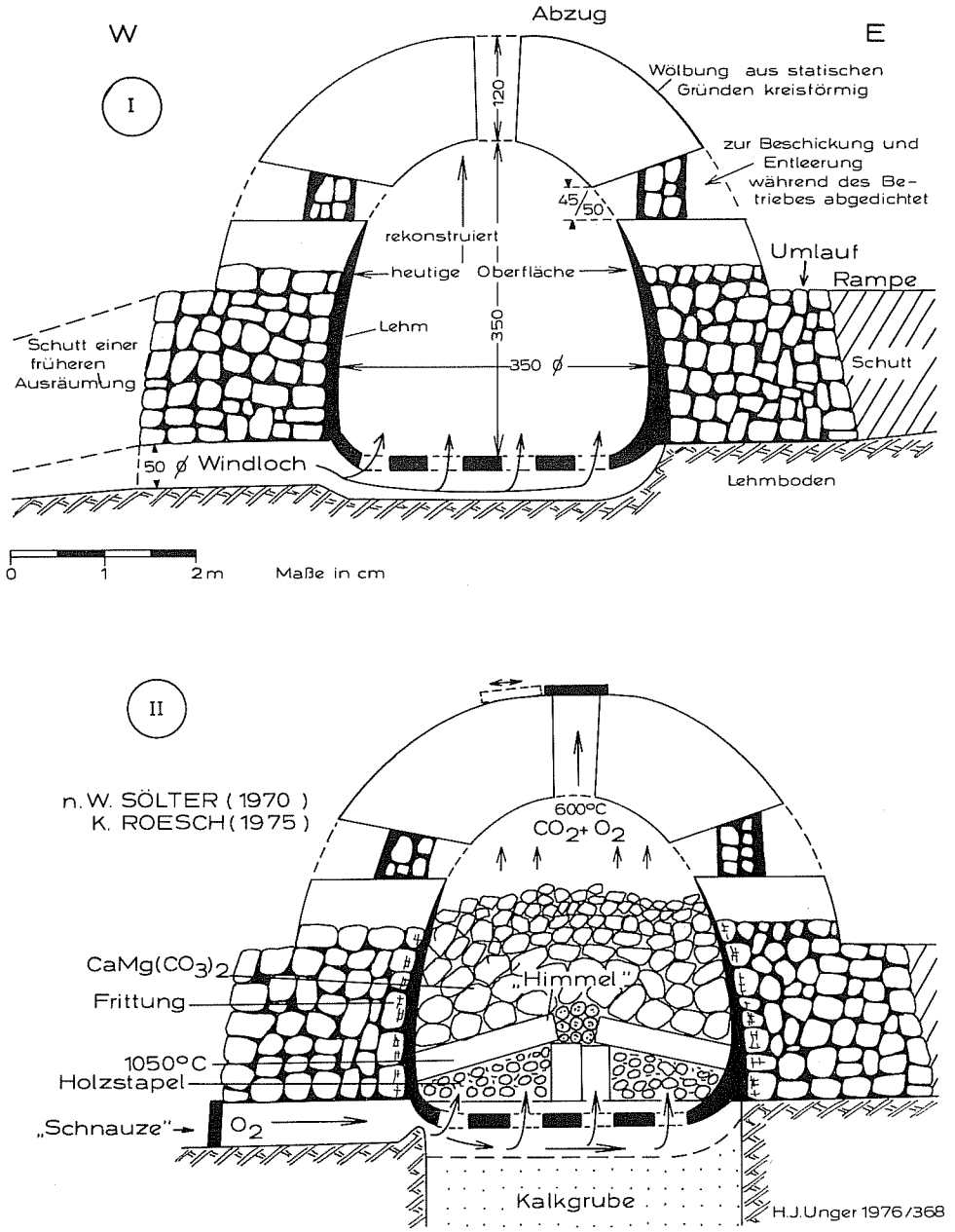


Abb. 15 Der Brennofen am Pyrgos bei Hagia Marina - Rekonstruktion (I) und vermutliche Funktionsweise als Kalkbrennofen (II)

Die Kuppel des Ofens ist eingestürzt, ihr Ansatz ist eindeutig nachweisbar. Die Außenseiten des Ofens sind nicht mit Lehm verfugt.

Eisenschlacken, die man bei einem Eisenschmelzofen in großer Menge hätte erwarten müssen, fanden sich bis auf die erwähnten 20 g keine. Ihr Fe_2O_3-Gehalt beträgt 52 % (M. SALGER). Auch in der Umgebung des Ofens bis hin zum ehemaligen Seeufer nach Westen fanden sich keine Eisenschlacken.

Im Ofen selbst und im Aushub einer früheren Grabung (Schutthalde nach Westen) liegen große Mengen einer reinweißen, blasigen und sehr leichten „Schlacke". Ihr Fe_2O_3-Gehalt wurde mit 4 %, ihr $CaCO_3$-Gehalt mit 70 % und ihr CO_2-Gehalt mit 26—29,5 % ermittelt (M. SALGER). Wahrscheinlich handelt es sich dabei um ein Projekt aus dem Löschvorgang des Kalkes oder aus Rückständen vom Brennvorgang selbst.

Etwa 0,4 m unterhalb der Basis der tiefsten Steinsetzung bedeckt eine durchgehende bis zu 0,5 m mächtige harte Kalklage den Ofeninnenraum, die sich auch noch etwa 0,5 m an den Innenwänden nach oben hinzieht. Darunter fand sich reinweißer, gelöschter und unverfestigter Kalk.

An der Westseite des Ofens, 0,4 m unter der Basis der tiefsten Steinsetzung, konnte ein mit Lehm verstopftes Loch von 0,45—0,5 m Durchmesser gefunden werden (Abb. 15). Es liegt hangabwärts gerichtet und somit in der Richtung des vom Kopais-See heraufstreichenden Windes. In der Lehmfüllung der Öffnung fanden sich kleine, nicht datierbare Scherbenreste.

Schlußfolgerungen

Bevor der Ofen am Stadtberg Pyrgos bei Hagia Marina als solcher erkannt wurde (1973) war man der Meinung gewesen, es handele sich um ein kleines mykenisches Kuppelgrab. Wie die Funde der neueren Scherben es zeigen, scheinen dieser Ansicht auch die Ausgräber (oder Raubgräber) gewesen zu sein, die vor etwa 100 Jahren den Ofen durchwühlten und den Aushub an seiner Westseite aufwarfen. Nachdem sie die harte Kalkschicht unterhalb der Steinsetzung erreicht hatten — es liegt Material dieser harten Kalklage im Aushub dieser Grabung —, erkannten sie wohl, daß ihre Mühe umsonst gewesen war.

Vor Beginn der Untersuchung im Jahre 1975 vermuteten wir, daß es sich bei einem Ofen so nahe am anstehenden und aufgeschlossenen Erz nur um einen Eisenschmelzofen handeln könne. Auf dieser Hypothese beruhte die Planungsausrichtung. Erst das Studium der bisher entdeckten Eisenschmelzöfen und die Erfahrung von K. ROESCH brachten im Laufe der Ausarbeitung die Gewißheit, daß diese hypothetische Annahme nicht zu halten sein werde.

Erschwerend für eine genaue zeitliche Einordnung des Objektes erwies sich, daß das Ofeninnere bereits vollkommen durchwühlt worden war.
Da von der Hypothese ausgegangen worden war, es handele sich um einen Eisenschmelzofen, wurden alle für eine eventuelle derartige Funktion erforderlichen Gesichtspunkte geprüft. Heute steht fest, daß der Ofen zu keiner Zeit die Funktion eines Eisenschmelzofens gehabt haben kann. Gegen eine Verwendung als Eisenschmelzofen sprechen folgende Gründe:

a) Der Innendurchmesser von 3,5 m ist für einen Eisenschmelzofen zu groß. Erst im 18. Jh. n. Chr. war es möglich, bei einem derartigen Ofendurchmesser kontinuierliche Brenn- und Schmelzvorgänge durch gleichmäßig hohe Windzufuhr zu erzeugen. Die Verwendung von Blasebälgen war sicherlich bekannt, doch konnte eine so große Windmenge bestimmt nicht kontrolliert über längere Zeit gleichmäßig dem Ofen zugeführt werden, um den Brennvorgang in Gang zu halten. Ausgegangen wird von der Annahme, daß der Ofen im Zeitraum zwischen etwa 1000 v. Chr. bis etwa um Christi Geburt erbaut und betrieben wurde.

b) Es wurden fast keine Eisenschlacken im und um den Ofen herum gefunden. Nach Erfahrungen an bronzezeitlichen Schmelzanlagen in den Alpen müßten größere Mengen von Schlacken rund um den Ofen auf Halde liegen. Es widerspricht jeder bergmännischen Logik, Schlacken vom Ofen wegzutransportieren.

c) Für einen einwandfreien Schmelzvorgang und daraus resultierend ein brauchbares Eisen war der Eisengehalt des in der Nähe anstehenden Erzes zu gering und der P_2O_5-Gehalt zu hoch (K. Roesch). Es handelt sich also um ein Erz, das mit Sicherheit in der Frühzeit der Eisenherstellung als schlecht zu schmelzend erkannt worden war und daher nicht verarbeitet wurde.

d) Neben diesen technischen und erzmineralogischen Kriterien spielte natürlich auch die Frage nach den zur Verfügung stehenden Holzmengen eine entscheidende Rolle, da in der Frühzeit der Eisenverhüttung zum Schmelzen Holzkohle verwendet wurde. Die Mengen an Holzkohle, die für einen einzigen Schmelzvorgang in diesem Ofen notwendig gewesen wären, übersteigen wahrscheinlich 100 Raummeter.

   Das Gelände und die geringe Humusbedeckung der kahlen Kalkfelsen am Rande des Kopais-Beckens, — auf denen meiner Meinung nach nie ein hoher Waldbewuchs möglich gewesen ist, — schließen eine kontinuierliche Versorgung mit so großen Mengen Holz aus der näheren Umgebung aus.

   Im allgemeinen halte ich es für wahrscheinlich, daß dieses Gebiet mit den hier anstehenden Gesteinen, die unter den hier herrschenden klimatischen Verhältnissen sehr schwer zu einem brauchbaren Boden verwittern, jemals mit dichtem Hochwald bestanden war. Wahrscheinlicher ist, daß die Flora sich immer im annähernd selben Rahmen wie heute hielt, daß in feuchteren Perioden vielleicht ein Bewuchs mit niederen Holzarten stattfand.

e) Im Ofen fanden sich keine Luppen.

Nach Ansicht von K. Roesch handelt es sich bei dem hier zu beschreibenden Ofen aus der Unterstadt am Stadtberg Pyrgos entweder um einen Kalkbrennofen oder um einen Keramikbrennofen. Eventuell hätte der Ofen für beide Arbeitsgänge wechselweise verwendet werden können.
Gegen eine Verwendung als Keramikbrennofen spricht, daß um den Ofen herum keine Anhäufungen von Scherben zu finden sind. Beim Keramikbrand ist immer ein mehr oder weniger hoher Prozentsatz an Bruch zu verzeichnen, der im allgemeinen neben den Öfen aufgehäuft zu werden pflegte. Natürlich schließt das Fehlen von Scherbenbruch und Scherbenhaufen um den Ofen nicht aus, daß hin und wieder in diesem Ofen auch Keramik gebrannt wurde.

Bleibt als letzte Alternative die eines Kalkbrennofens übrig. Das Gesteinsmaterial der Umgebung bietet sich dafür in idealer Weise an.

Fraglich dabei bleibt, wie der Kalk an der Basis zu erklären ist. Er wurde bis zu 1,6 m unter die letzte Steinsetzung ergraben und könnte entweder den Rest einer Kalkgrube darstellen, die man als letzte durch Vertiefung im Ofeninneren eingerichtet hatte. Es könnte sich aber auch, was wahrscheinlicher ist, um den eingestürzten Himmel eines Kalkbrennofens handeln. Das heißt, nach dem letzten Kalkbrennvorgang konnte der gebrannte Kalk, der als „Himmel" über den Flammen aufgebaut war, nicht mehr nach dem Abkühlen aus dem Ofen entnommen werden und stürzte im Laufe der Zeit, unter dem Einfluß von Wind und Regen, ein und wurde abgelöscht.

Dieser Erklärung widerspricht nicht, daß damit das Windloch (die „Schnauze") mehr als 1,5 m über der Sohle gelegen haben müßte. Nach den Untersuchungen und Brennversuchen, die W. SÖLTER (1970, 15) mit einem römischen Kalkbrennofen bei Iversheim beschreibt, ist ein Ofen mit einer so hoch über Sohle liegenden Schnauze funktionsfähig. Die graphische Darstellung bei W. SÖLTER (1970, 41) verdeutlicht die Windströmungsverhältnisse in einem solchen Ofen.

Selbstverständlich mußte auch beim Kalkbrennen die Innenwand des Ofens mit Lehm verstrichen werden, um ein Brennen und anschließendes Zerfallen der Kalksteine der Mauerung zu verhindern (Abb. 14). Daß die Temperatur während des Brennens im Ofen noch immer sehr hoch gewesen sein muß, beweist die bis zu 15 cm tiefe Frittung der Kalksteine der Innenwandung.

Das Kalkvolumen, welches in diesem Ofen gebrannt werden konnte, betrug bei einem Brennvorgang etwa 10 cbm, der Holzverbrauch dürfte um 40 Raummeter gelegen haben. Dieser doch sehr hohe Holzbedarf läßt vermuten, daß der Ofen nur zeitweise, bei Bedarf, in Betrieb genommen wurde.

4.2 *Schriftliche Stellungnahme von* K. ROESCH (10. 2. 1976)

Bei dem vorliegenden Ausgrabungsobjekt handelt es sich keinesfalls um einen „Schmelzofen" zur Gewinnung von Eisen. Bis zur Anwendung des Wasserrades zum Antrieb von Blasebälgen im frühen Mittelalter war man auf die Bedienung von kleinen, von Hand angetriebenen Blasebälgen angewiesen. Deshalb besaßen die frühgeschichtlichen Rennfeuer nur einen Durchmesser von 30—40 cm, in denen es möglich war, über 6—8 Stunden unter Verbrauch großer Mengen von Holzkohle eine Temperatur von etwa 1300° C zu erreichen und einzuhalten. Eine derartige Temperatur war notwendig, um die Eisensilikatschlacken zu verflüssigen und vom Eisen zu trennen. Da aber keine Eisensilikatschlakken an der Ofenwand gefunden wurden, handelt es sich keinesfalls um einen Eisenschmelzofen.

Die Abmessungen und die Bauart des Ofens sowie die darunter befindliche „Kalkgrube" lassen eindeutig darauf schließen, daß es sich um einen Kalkbrennofen handelt. Nach W. SÖLTER (1970) läßt die Fundstelle keinen anderen Schluß zu. Von besonderem Interesse ist die Kalkgrube, in die der gebrannte Kalk herunterfiel. Bei W. SÖLTER (1970, 35) ist der gut verlaufene Versuch des Kalkbrennens in einem derartigen Ofen beschrieben. In gleicher Weise wurde wahrscheinlich auch der Kalk im hier ausgegrabenen Ofen gebrannt. Wenn der Ofen ein Gewölbe hatte, dann bestehen die seitlichen Öffnungen zum Beschikken und Entleeren zu Recht.

5. Literatur

Geologie

CHRISTODOULOU, G. E.: On the Geology of the Thivai-Paralimni Area, Geol. and Geophys. Res., T XIII, 1, 1969 (Athen), 1—54.

COLOM, G.: Jurassic-Cretaceous pelagic sediments of the Western Mediterranean zone and the Atlantic area, Micropal. 1, 1955 (New York), 109—124.

GUERNET, C.: Géologie de la région de Chalkis (Eubée), Annales Géologiques des Pays Helleniques (Ann. Géol. Pays Hell.) 18, 1966 (Athen), 307—313.

JARANOFF, D.: Das Klima des Mittelmeergebietes während des Pliozäns und Quartärs, Geol. Rdschr. 1944.

KOUMANDAKIS, J. E.: Beitrag zur Kenntnis des Flysches im Gebiet der Seen Yliki und Paralimni (Böotien-Ostgriechenland), Ann. Géol. Pays Hell. Ser. 1, XVIII 1976, 527—533.

KOUMANDAKIS, J. E.: Informations nouvelles stratigraphiques dans la région des lacs Yliki et Paralimni en Béotie (Grèce orientale), Ann. Géol. Pays Hell. Ser. 1, XXI 1969, 14—20.

KOUMANDAKIS, J. E.: Contribution à l'étude géologique de la province du Thèbes, Ann. Géol. Pays Hell. Ser. 1 TOM XXI 1969, 35—106.

MARINOS, G.: Zur Gliederung Ostgriechenlands in tektonische Zonen, Geol. Rdschr. 46, 1957, 421—426.

MOUSSOULOS, L.: Le gisement nickelifère de Larymna, Ann. Géol. Pays Hell. Ser. 1, IX 1958, 1—58.

NÖTH, L.: Beiträge zur Geologie und Paläontologie Mittelgriechenlands (Larymna und Distomon), N. Jb. 66, Beil. Bd., Abt. B., 1931, 131—166.

PARASKEVAIDIS, El. ettal. Contribution to the knowledge of the geology of the Yliki-Paralimni-region (Boeotia-Greece), Ann. Geol. Pays Hell. Ser. 1, XXI 1969, 1–13.

PATZELT, G., BORTENSCHLAGER, S.: Die postglazialen Gletscher- und Klimaschwankungen in der Venedigergruppe (Hohe Tauern, Ostalpen), Z. Geomorph. N. F., Suppl. Bd. 16, 1973, 25–72.

PHILIPPSON, A.: Der Kopais-See in Griechenland und seine Umgebung, Ztschr. Ges. f. Erdkunde Berlin 29, 1894, 1—90.

PHILIPPSON, A.: Die griechischen Landschaften, Bd. I, Frankfurt 1951, 490—499.

RENZ, C.: Zur Geologie Griechenlands I, Jb. d. Geol. R. A. 60, 1910.

RENZ, C.: Der geologische Aufbau der Gebirge um das Kopaisbecken (Mittelgriechenland), Ztschr. Deutsch. Geol. Ges. 65, 1913, 607—619.

RENZ, C.: Zur Geologie der Ostgriechischen Gebirge, N. Jb. Min. Geol. Paläont. 38, 1914, 1—20.

RENZ, C.: La découverte du Trias et du Jurassique dans les Montagnes de Kopais (Grèce moyenne), C. R. Somm. Bull. Soc. Géol. Fr., 156, 1948, 1—3.

RENZ, C., MITZOPOULOS, M.: Le Maestrichtien aux environs du lac Hyliki en Béotie (Grèce moyenne), Ecl. geol. Helv. 41, 1948, 375—379.

RENZ, C., MITZOPOULOS, M.: Découverte de nummulites aux environs du lac Hyliki en Béotie, Ann. Géol. Pays Hell. Ser. 1, II 1948, 94—96.

RENZ, C., REICHEL, M.: Neue Foraminiferenfunde im böotischen Seengebiet (Mittelgriechenland), Ecl. geol. Helv. 41, 1948, 379—389.

TRIKKALINOS, J. K.: Bemerkungen über die hydrogeologischen Verhältnisse der Seen Hyliki und Paralimni (Griechenland, Provinz Theben), Ann. Géol. Pays Hell. Ser. 1, II 1949, 128—154.

Geologische und lagerstättenkundliche Karten

RENZ, C., LIATSIKAS, N., PARASKEVAIDIS, II. Geologic Map of Greece, Athens 1954, 1 : Mill.

TATARIS, A.: Vagia Sheet, Geological map of Greece, 1 : 50 000, IGSR 1970.

TATARIS, A.: Thivai Sheet, Geological map of Greece, 1 : 50 000, IGSR 1970.

ZACHOS, K., MARATOS, G.: Carte Metallogénique de la Grèce, Athenes 1965, 1 : 1 Mill.

Bergbau, Geschichte des Hüttenwesens, Metallurgie

AGRICOLA, G.: De re metallica libri XII, Basileae 1556, 1557, (Nachdruck) Verlag des Vereins Deutscher Ingenieure, Berlin 1961.

BECK, L.: Die Geschichte des Eisens in technischer und kulturgeschichtlicher Beziehung — I. Abt. Von der ältesten Zeit bis zum Jahre 1500 n. Chr., Braunschweig 1884.

FAURE: Über die Verwendung von Eisen in prähistorischer Zeit, Z. Ethnologie 2, 1870, 129.

FREISE, F.: Geographische Verbreitung und wirtschaftliche Entwicklung des süd- und mitteleuropäischen Bergbaus im Altertum, Ztschr. f. d. Berg- und Hütten- und Salinenwesen 55, 1907, 199—268.

FORBES, R. J.: Metallurgy in Antiquity, Leiden 1950.

MONTANUS, H. H.: Antiker Bergbau in Griechenland, Mont. Rdsch., 1902, 1202—1244.

OLSHAUSEN, O.: Beitrag zur Frage des Auftretens metallischen Eisens in vormykenischer Zeit in Kleinasien, Z. Geologie 39, 1907, 691.

ROESCH, K.: Kommagene — ein frühgeschichtliches Eisenland in Kleinasien?, Verein Deutsch. Eisenhüttenleute, Fachausschußbericht 9.002, Juni 1972, 1—39.

SÖLTER, W.: Römische Kalkbrenner im Rheinland, Führer des Rheinischen Landesmuseums in Bonn Nr, 31, 1970, 1—46.

Die Flora am Stadtberg Pyrgos bei Hagia Marina

von Karl P. Buttler

Entsprechend der Jahreszeit (August), in der die Aufsammlung der Floren durch H. J. Unger stattfand, war die Ausbeute relativ gering. Da es sich sowohl beim Stadtberg Pyrgos bei Hagia Marina wie auch dem südlich anschließenden Hügel um kahle Kalkfelsen handelt, konnte nur dort Bewuchs erwartet werden, wo sich in Spalten oder an den Plateaurändern eine dünne Bodenkrume gebildet bzw. angesammelt hatte. Der Stadtberg bis zum Erz im Süden besteht aus kretazischen Kalken mit Mergelzwischenlagen, der südlich anschließende Rücken setzt sich aus jurassischen Kalken zusammen. Es ist daher verständlich, daß vorwiegend kalkophile Arten hier heimisch sind.

Im Tal zwischen den beiden Hügeln, in dem das Eisenerz ansteht, ist die Bodenkrume natürlich sehr stark eisenhaltig, besteht z. T. ausschließlich aus Eisenerz. Der Bewuchs ist dementsprechend spärlich.

Unterschiede der Flora zwischen den einzelnen Lokalitäten Hagia Marina - Stadtberg - Taleinschnitt mit anstehendem Eisenerz und südlich anschließendem Rücken scheinen nicht zu bestehen, soweit sich das unter den gegebenen Umständen beurteilen läßt. Jedenfalls sind mehrere Arten von allen Lokalitäten belegt.

Liste der gefundenen Arten in alphabetischer Reihenfolge:

Ajuga chamaepitys (L.) Schreber subsp. chamaepitys
Amaranthus graecizans L.
Avena sterilis L.
Ballota aetabulosa (L.) Bentham
Carlina corymbosa L. subsp. graeca (Boiss.) Nyman
Catapodium rigidum (L.) Hubb.
Chenopodium album L.
Chondrilla juncea L.
Cichorium pumilum Jacq.
Crepis dioscoridis L. subsp. dioscoridis
Cymbopogon hirtus (L.) Janchen
Cynodon dactylon (L.) Pers.
Echinops sphaerocephalus L. subsp. albidus (Boiss. & Spruner) Kozuharov
Eryngium campestre L.
Eryngium creticum Lam.
Euphorbia chamaesyce L.
Galium setaceum (L.) Lam.
Heliotropium hirsutissimum Grauer
Hordeum leporinum Link
Lactuca saligna L.
Lophochloa cristata (L.) Hylander

Marrubium peregrinum L.
Mentha microphylla C. Koch
Micromeria juliana (L.) Reichenb.
Petrorhagia illyrica (L.) Ball & Heyw.
Phleum subulatum (Savi) Aschers. & Graebner
Picnomon acarna (L.) Cass.
Piptatherum miliaceum (L.) Coss. subsp. thomasii (Duby) Boiss.
Salvia viridis L.
Scabiosa atropurpurea L.
Solanum nigrum L. subsp. schultesii (Opiz) Wessely
Stipa tortilis Desf.
Urospermum picroides (L.) Desf.
Xanthium spinosum L.

Der Flechtenbewuchs als Datierungshilfe in der Archäologie

von Georg Spitzlberger

Inhalt

1. Die Problemstellung
2. Flechten als Lebewesen
3. Die Gruppe der Gesteinsflechten
4. Das Wachstum der Flechten
5. Ansätze zu einer Datierungsmethodik
6. Literatur

1. Die Problemstellung

Die auch in der botanischen Fachliteratur oft nur beiläufige Erwähnung der Flechten *(Lichenes)* als ökologisch und auch wesensmäßig interessante Gruppe pflanzlicher Lebewesen, die noch manches Rätsel aufgeben, läßt die nur zögernde Anwendung der *Lichenometrie* (BESCHEL 1955) als naturwissenschaftliche Hilfestellung bei archäologischen Datierungsfragen begreiflich erscheinen. Die Erklärung liegt wohl darin, daß es erst eines eingehenden Spezialstudiums und zahlreicher Beobachtungen bedarf, sich mit den Bedingungen der Lebenswelt der Flechten vertraut zu machen, ein zunächst zu den Naturwissenschaften zählendes Gebiet, für das sich der Archäologe oder Vorgeschichtler nicht ohne weiteres angesprochen fühlt. Andrerseits sind es unter den mit der Flechtenkunde befaßten Botanikern nur ganz wenige, die zu den biologischen Fragestellungen den gesamten Gesichtskreis der historisch-archäologischen Probleme und Argumente überschauen wollten. Dabei aber könnten sich beide, die naturwissenschaftliche und die geisteswissenschaftliche Arbeit am gleichen Objekt, nämlich den flechtenbewachsenen Mauern, Steinen und Felsen, gegenseitig sich bestätigende Ergebnisse zum Vergleich anbieten.

Das Verfahren beruht im Prinzip darauf, daß für eine bestimmte ökologische Situation das Wachstum verschiedener Gesteinsflechten gemessen und die dafür notwendig gewesene Zeit erschlossen wird. Nimmt man grundsätzlich an, daß die während dieser Zeit unveränderte Lage des Objekts ein ungestörtes Wachstum der Flechten ermöglichte, deren Festsetzung eben mit der Exponierung der Gesteins- oder Maueroberfläche beginnen konnte, dann wird man zumindest Unterschiede im Bewuchs der von Anfang an ausgesetzten Partien im Gegensatz zu den erst später freigewordenen feststellen können. Damit ist zumindest in Zeitindiz gegeben, auf Grund dessen eine relative chronologische Einordnung offengelegener Mauern und Bauteile aus Stein stattfinden kann.

2. Flechten als Lebewesen

Die blanke Oberfläche von Gestein, gleich ob natürlich liegender Fels oder behauener Quader als Bauteil, bietet „normalen" Planzen mit Wurzeln keinerlei Existenzmöglichkeit. Dennoch aber gibt es mit den Flechten eine Form eigenartiger pflanzlicher Lebewesen, denen gewissermaßen als äußersten Vorposten des Lebens die Besiedlung ganz extremer Standorte auf Grund ihrer besonderen Organisationsform gelingt. Die Flechten stellen insofern eine Art symbiontisches Lebewesen dar, als jeweils durch das Zusammenleben von Pilz mit Alge eine wesentlich höhere und daseinshärtere Organisation als die der einzelnen Partner zustandekommt, die für beide von Vorteil ist und ihnen dort eine Lebensmöglichkeit erschließt, wo sie jeweils alleine nicht existieren könnten.

Der Pilz allein wäre nicht fähig, auf nacktem Felsen ohne fremde Hilfe zu leben, da er organische Nahrung braucht, während die Alge zwar allein auf Grund der selbständigen Assimilation existenzfähig ist, aber nicht genügend Feuchtigkeit zu halten imstande wäre. So aber erzeugen die von Pilzhyphen umfangenen grünen autotrophen Algen Kohlehydrate, die der Pilz begierig aufnimmt, während er sie mit Wasser und der aus seiner Atmung stammenden Kohlensäure versorgt. Die von diesem *kombinierten Lebewesen*, der Flechte, erzeugten Flechtensäuren greifen überdies nicht nur Kalk, sondern auch Granit, Gneis und Glimmerschiefer an und lösen so die für die Alge notwendigen Nährsalze. Aus diesem Grund sind die Flechten auch an der Oberflächenverwitterung der Gesteine beteiligt.

Je nachdem welche Pilzarten mit welchen Blau- oder Grünalgen verbunden sind, gibt es eine Vielzahl von *Flechtenarten*, die sich den verschiedensten Lebensbedingungen anpassen. Man unterscheidet vor allem Strauch-, Laub- und Krustenflechten, von denen speziell letztere die Oberfläche von Gesteinen bewohnen, die sie, wie der Name sagt, wie eine Kruste überziehen. An ihrem Aufbau sind meist fädige Grünalgen beteiligt.

Wie sehr die Forschung noch um die Erkenntnis des wirklichen Wesens der Flechte ringt, ist daran zu erkennen, daß das Zusammenleben von Pilz und Alge von den meisten Autoren als *Symbiose*, von anderen als *Helotismus* angesprochen wird, da der Pilz die Algen gleichsam einfange und sie als Nutzpflanzen halte (v. GUTTENBERG 1963, 515), während wieder andere Forscher die Flechten systematisch einfach den Pilzen zuordnen wollen, da der Pilz sicher nicht bloß als Hyphe, sondern als gesamtes Myzel mit Fruchtkörpern beteiligt sei (SANTESSON 1954, 9—12). Grundsätzlich ist aber doch an der Erkenntnis festzuhalten, daß mit der Verbindung eine völlig neue Lebensform entsteht, die weder Pilz noch Alge, sondern eben Flechte ist.

3. Die Gruppe der Gesteinsflechten

Für die hier intendierten Altersbestimmungen kommen hauptsächlich die *gesteinsbewohnenden Flechten (Epipetretea)* in Frage, die sich dem Betrachter in verschiedenen Formen und Farben ihrer Lager zeigen. Naturfelsen und Quadersteine können je nach ihrer Substanz und Lage von weißlichen, grauen, grünlichen, rötlichen, bräunlichen und leuchtend roten und orangefarbenen Flechten in kleineren oder größeren Flächen bedeckt sein. Die genaue Bestimmung ist ohne Hilfe des Mikroskops und guter Bestimmungsbücher nicht möglich. Die Schwierigkeit erhöht sich dadurch, daß stets mehrere Arten sich zu sogenannten Flechtengesellschaften zusammenfinden, die ähnliche Bedingungen bevorzugen.

Zu den *Kieselflechtengesellschaften* zählen:

Kuchenflechtengesellschaften *(Lecanorion rubinae)*
Schorfkrustengesellschaften *(Crocynion membranaceae)*
Kleinsporflechtengesellschaften *(Acarosporion fuscatae)*
Landkartenflechtengesellschaften *(Rhizocarpion alpicolae)*
Nabelflechtengesellschaften *(Umbilicarion cylindricae)*
Schüsselflechtengesellschaften *(Parmelion saxatilis)*

Kalkflechtengesellschaften:

Schönflechtengesellschaften *(Caloplacion pyraceae)*
Schuttflechtengesellschaften *(Caloplacion decipientis)*

Die Faktoren, von denen die *kleinklimatischen Verhältnisse* der Flechtenstandorte bestimmt sind, entscheiden jeweils die Art der Flechtengesellschaft, die dort optimal sich entwickeln kann: Gesteinsart (Untergrund), Feuchtigkeitsgehalt und Niederschlagsmenge, Jahresdurchschnittstemperatur, Lichtmenge, Neigungswinkel der besiedelten Fläche und Luftverhältnisse (Wind, Luftströmungen, Luftverschmutzung). Durch sie wird aber auch die Art des Wachstums nachhaltig beeinflußt, ein Vorgang, dessen vielseitige Kausalitätsbeziehungen jedoch nur in geringem Maße erforscht sind. Jedoch stehen bereits grundlegende Erkenntnisse darüber zur Verfügung, die für die systematische Arbeit wegweisend sind.

4. Das Wachstum der Flechten

Es erscheint nicht hinreichend geklärt, welche chemischen Verwitterungsprozesse die Gesteinsunterlage erst vorbereitet haben müssen, damit die *Soredien,* kleinste Brutkörner, die aus einer oder wenigen von Pilzfäden umwickelten Algenzellen bestehen, sich festsetzen und die Algen mit der Assimilation beginnen können. Jedenfalls geht das Wachstum eines Individualkomplexes immer von einem solchen Keimzentrum aus und erweitert sich scheibenförmig. Dabei ist die Zuwachsgeschwindigkeit am Anfang größer und läßt nach einigen Jahrzehnten nach; der Zuwachs jedoch ist unbegrenzt. Es gibt erst für wenige Flechtenarten klare Vorstellungen über die allgemeinen Wachstumsgeschwindigkeiten und damit für die praktische Altersbestimmung aufgefundener Flechtenlager. So soll die Landkartenflechte *(Rhizocarpon geographicum)* für 1 Zentimeter 60 Jahre brauchen; an einem Beispiel wurde dabei das Alter des Individualkomplexes mit 1300 Jahren angegeben (Beschel 1955, 67). Hochalpine *Umbilicarien* und viele Krustenflechten wachsen pro Jahr nur um wenige Zehntelmillimeter; eine 5—10 Zentimeter große *U. virginis* kann als 500—1000 Jahre als gelten. Dementsprechend höhere Altersbeträge ergeben sich bei größeren Flechtenlagern, die mehrere tausend Jahre alt sein können. Die Flechten sind damit wohl die Lebewesen mit der längsten Lebensdauer. An einem praktischen Beispiel demonstriert heißt das, daß die oft über 50 Zentimeter großen Individualkomplexe von *Verrucaria-Arten,* insbesondere der rosaroten *Verrucaria marmorea,* am Stadtberg Pyrgos bei Hagia Marina in der Kopais (Griechenland) eventuell bis in spätmykenische Zeit zurückreichen.

5. Ansätze zu einer Datierungsmethodik

Die Anwendung lichenometrischer Ergebnisse als Hilfen bei archäologischen Datierungsfragen steht noch am Anfang. Da diese Möglichkeit in der Praxis nur selten ernsthaft an vergleichbar datieren Beispielen erörtert wurde, liegen auch fast keine Datensammlungen vor. Gezielte Forschungsunternehmungen in dieser Richtung haben hier erst einmal Material zu erarbeiten.

Zur *Materialsammlung* sind zunächst viele vergleichbare relativ zueinander datierte Beispiele von Flechtenlagern an archäologischen Objekten zusammenzustellen. Seit 1970 durchgeführte Beobachtungen in der Kopais haben die prinzipielle Durchführbarkeit dieser Methode klar erwiesen. Zu den Beispielen zählen unter anderen die kyklopischen Quader vor der Großen Kavothre von Kokkinon, der die Bucht von Akraiphnion abriegelnde, aus polygonalen Steinblöcken errichtete Damm, die Steinmauern auf dem Spitiaplateau, das erst im vorigen Jahrhundert freigelegte Kuppelgrab von Orchomenos, das hellenistische Gipfelkastell auf dem Akontion bei Orchomenos sowie Naturfelsen und künstliche Steinsetzungen am Stadtberg Pyrgos bei Hagia Marina.

Da eine Auswertung ja zugleich die weitere Erforschung der Lebensgewohnheiten der Flechten unter den jeweils gegebenen Bedingungen impliziert, sind in jedem zu beschreibenden Fall eine ganze Reihe von Daten festzuhalten, was die Entwicklung einer *methodischen Aufnahmetechnik* nahelegt, die im mindesten folgendes berücksichtigt:

1. Vom Orginal abgepauste Zeichnung des Komplexes im Maßstab 1 : 1.
2. Beschreibung nach der in der Botanik üblichen Art mit Einschluß der kleinklimatischen Situation (vgl. oben).
3. Bestimmung der Art oder, wenn nicht sofort möglich, Einführung einer Arbeitsbenennung, die eine jederzeitige Indentifizierung von Vergleichsfällen sichert.
4. Fotos der Situation und von einzelnen Individualkomplexen des Flechtenvorkommens.
5. Jeweils Aufnahme mehrerer Vergleichsbeispiele von unveränderten Natursituationen im gleichen Bedingungsraum.

Die *Auswertung* hat auszugehen von der jeweils feststellbaren oder hypothetischen relativen Chronologie der Vergleichsbefunde unter steter Kontrolle durch Berücksichtigung der variablen modifizierenden Faktoren. Da damit die komplizierte Breite eines noch nicht überschaubaren Untersuchungsfeldes aufscheint, sei mit Nachdruck auf die Notwendigkeit detaillierter Grundlagenforschung auf diesem Gebiet hingewiesen.

6. Literatur

R. Beschel: Flechten als Altersmaßstab rezenter Moränen, Zeitschrift für Gletscherkunde NF 1, 1950, 1 ff.

R. Beschel: Individium und Alter bei Flechten, Phyton 6, 1955, 60—68.

G. Follmann: Flechtenleben, München, 1960.

E. Frey: Flechten — unbekannte Pflanzenwelt, Bern 1969.

H. v. Guttenberg: Lehrbuch der allgemeinen Botanik, Berlin 1963.

E. Kramm: Die Flechten, Leipzig 1953.

W. Migula: Die Flechten, Stuttgart o. J.

R. Santesson: The General Taxonomy of Lichenized Fungi, Rapp. et Communication du 5ième Congr. bot. internat., Paris 1954, Sekt. 18—20; 9—12.

Der Kalkbrennofen am Stadtberg Pyrgos bei Hagia Marina in archäologisch-historischer Sicht

von Georg Spitzlberger

Inhalt

1. Der Anlaß zur Untersuchung
2. Zum Namen „Pyrgos bei Hagia Marina"
3. Zur Untersuchung im Gelände
4. Zur Topographie der Umgebung des Brennofens
5. Der besiedlungsgeschichtliche Zusammenhang
6. Beurteilung des Befundes aus historischer Sicht
7. Literatur

1. Der Anlaß zur Untersuchung

Im Laufe eines dreimaligen Aufenthalts in der Kopais als Mitarbeiter von Professor Dr. Siegfried Lauffer vom Institut für Alte Geschichte der Universität München bei der Unternehmung Topographische Untersuchungen im Kopaisgebiet (LAUFFER 1971, 239 und LAUFFER 1974) in den Jahren 1970, 1971 und 1973 in die Problematik der dortigen Besiedlungsgeschichte eingeführt, ergab sich bei der genaueren topographischen Erkundung des Stadtberges Pyrgos bei Hagia Marina an einem nicht erklärbaren kuppelgrab-

Abb. 1 Der Brennofen am Pyrgos bei Hagia Marina (Foto: G. Spitzlberger)

ähnlichen Ruinenobjekt (Abb. 1) die Frage nach einer eingehenderen Untersuchung. Dies war um so naheliegender, als bei der topographischen Vermessung 1973 H. J. Unger als Geologe auch die geologische Struktur der näheren Umgebung des Objekts mit in die Aufnahme einbezog und einige auffallende Tatsachen wie die Feststellung starker Hitzeeinwirkung an der Innenseite der noch aufgehenden Kuppelwände sowie das nahegelegene Vorkommen obertägigen Eisenerzes schon damals die Vermutung nahelegten, es könnte sich um eine Art Schmelzofen handeln. Da technologische Anlagen für Schmelz- und Brennvorgänge beliebiger Art aus der Antike durchaus noch nicht in ausreichender Zahl bekannt und beschrieben sind, stand von vornherein fest, daß sich eine systematische Untersuchung auf jeden Fall lohnen würde, gleichgültig wozu der „Ofen" auch gedient haben mag.

2. Zum Namen „Pyrgos bei Hagia Marina"

Unter „Pyrgos", das heißt Turm, versteht man in der Kopaisgegend die einzeln auf beherrschenden Höhen stehenden aus Bruchsteinen errichteten Frankentürme aus dem 13. Jahrhundert, deren Erhaltungszustand stark variiert (SPITZLBERGER-UNGER 1974). Auch der in unmittelbarer Nähe des hier untersuchten Brennofens sich erhebende Stadtberg trägt auf der obersten Kuppe die gerade noch erkennbaren Reste eines Frankenturms, der namengebend für den Berg wurde, dessen ursprünglicher Name längst verschollen ist. Da es aber nun mehrere Pyrgoi in nächster Nähe gibt, wählte man als unterscheidenden Zusatz ganz parallel zu den in Griechenland häufigen Benennungen von archäologischen Örtlichkeiten nach jeweils nahegelegenen einzelstehenden Kapellen, die auf Flur- und Wegheiligtümer des Mittelalters und der Neuzeit zurückgehen, den Namen der östlich jenseits des Bergsattels stehenden Kapelle: „Der Pyrgos hat seinen Namen von der unfern gelegenen Capelle der heiligen Marina (ὁ Πύργος τῆς ἁγίας Μαρίνας)" (ULRICHS 1840, 218). Dementsprechend gebraucht auch NOACK, 1894, 464 ff. die Bezeichnung „Pyrgos bei Hagia Marina", die auch im vorliegenden Fall beibehalten wird.

3. Zur Untersuchung im Gelände

Der im ersten Teil dieser Dokumentation von H. J. Unger gegebenen Darstellung unserer Untersuchungen vom technologischen Standpunkt aus sind nur noch wenige Beobachtungen hinzuzufügen, die für die historische Einordnung des Objekts von Bedeutung sein können. Bei der Aushebung der regellos durcheinanderliegenden *Innenfüllung*, die hauptsächlich aus Mauerbruchsteinen der Art, wie sie auch im aufgehenden Mauerwerk verbaut sind, und aus rötlich lehmiger Erde bestand, ergab sich sehr rasch der Befund, daß wir damit nicht eine ursprüngliche und unberührte Schichtenfolge angetroffen hatten, sondern sekundär wieder eingefülltes Material, das in neuester Zeit bei der Durchwühlung herausgenommen und dann wieder hineingeworfen worden war. Dies erklärt die chronologisch völlig unzusammenhängende Zusammensetzung der ohnehin spärlichen Scherbenfunde, wobei grünglasierte Ware des vorigen Jahrhunderts mit schwer einzuordnenden Frag-

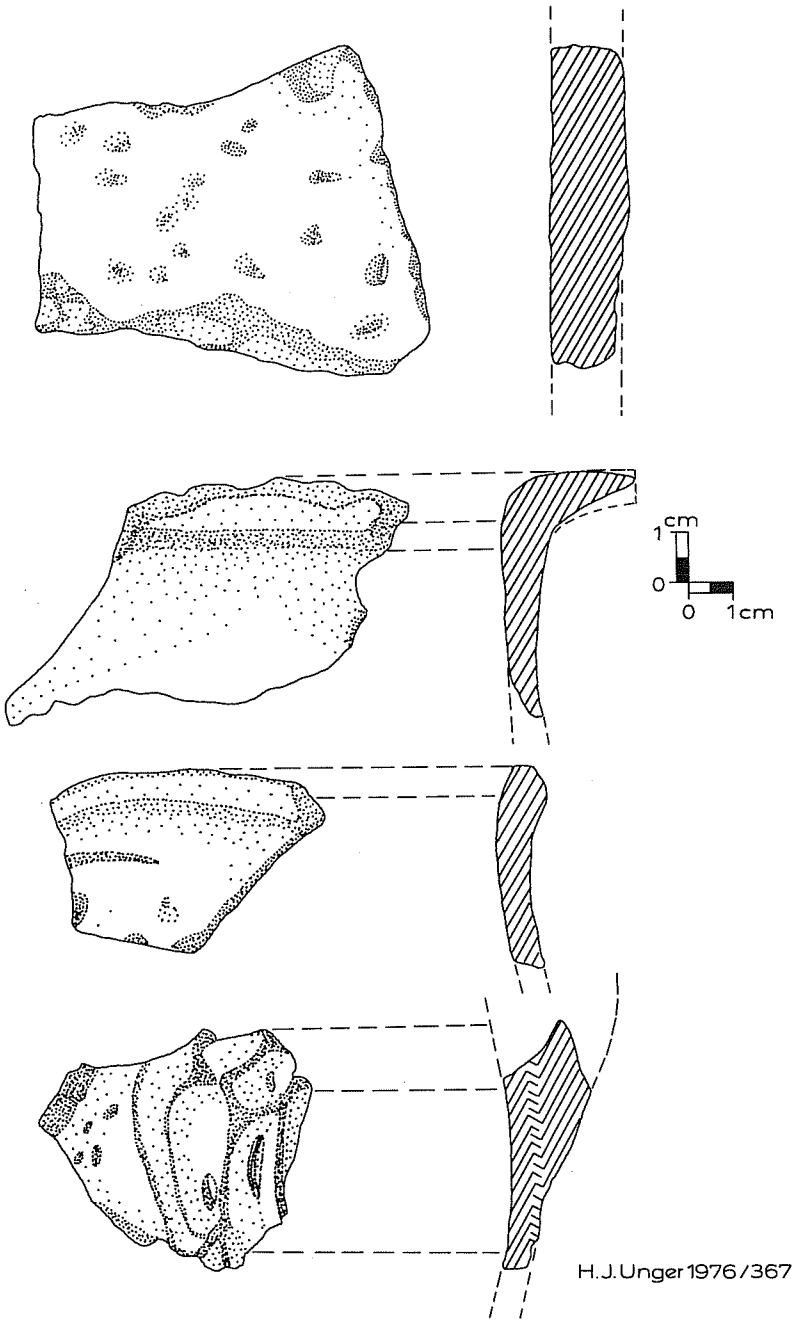


Abb. 2 Der Brennofen am Pyrgos bei Hagia Marina - Scherben aus dem Ofen

menten wahrscheinlich des 7./6. Jahrhunderts v. Chr. und aus mykenischer Zeit[1]) *ohne stratigraphische Unterscheidbarkeit* durcheinanderlagen (Abb. 2).

Für die Tatsache einer versuchten Raubgrabung etwa im vorigen Jahrhundert läßt sich ein weiteres Argument anführen, nämlich der *Flechtenbewuchs*. Wie oben ausgeführt, können die Ergebnisse der lichenometrischen Messungen, bezogen auf denselben Biotop, sehr wohl Argumente für eine relative Zeitbestimmung unverändert gleichgebliebener Lagen von Felsen, Quadern und Bausteinen geben. Die in der Umgebung des Brennofens angetroffenen nach dem Alter differenzierenden Arten von Flechtenbewuchs waren auf folgenden Steinlagen festzustellen:

1. auf dem natürlich anstehenden Fels, der seit Jahrhunderten keine Veränderung erfuhr,

2. auf Steinblöcken und Bruchsteinen der Mauerreste am Stadtberg Pyrgos bei Hagia Marina,

3. auf den in situ gebliebenen Bruchsteinblöcken der Mauer des Ofens außen

4. und auf den rötlich gefritteten Steinen der Ofeninnenseite;

5. auf der der Luft- und Lichtseite zugekehrten oberen Lage der Mauerkanten, sowie

6. auf den seit vorigem Jahrhundert herausgeworfenen Bruchsteinen.

Da alle diese Vergleichsstücke als den gleichen klimatischen Bedingungen ausgesetzt zu betrachten sind, kann daraus ein relatives Zeitmaß ihrer jeweiligen ungestörten Lagerung abgeleitet werden:

1. weist den ältesten und längstdauernden Flechtenbewuchs auf,

2. und 3. zeigen einen ähnlichen, aber etwas jüngeren Bewuchs,

4. keinerlei Bewuchs;

5. durcheinanderliegend auf Maueroberkante und Umgangsrampe Steine mit Flechtenbewuchs wie 2. und 3., und Steine ohne Flechtenbewuchs (vgl. Abb. 3),

6. geringen Bewuchs mit kleinen Individualkomplexen.

[1]) Herrn Prof. Dr. Hans Walter vom Institut für Klassische Archäologie der Universität Salzburg sei für die Begutachtung der Scherbenproben herzlich gedankt.

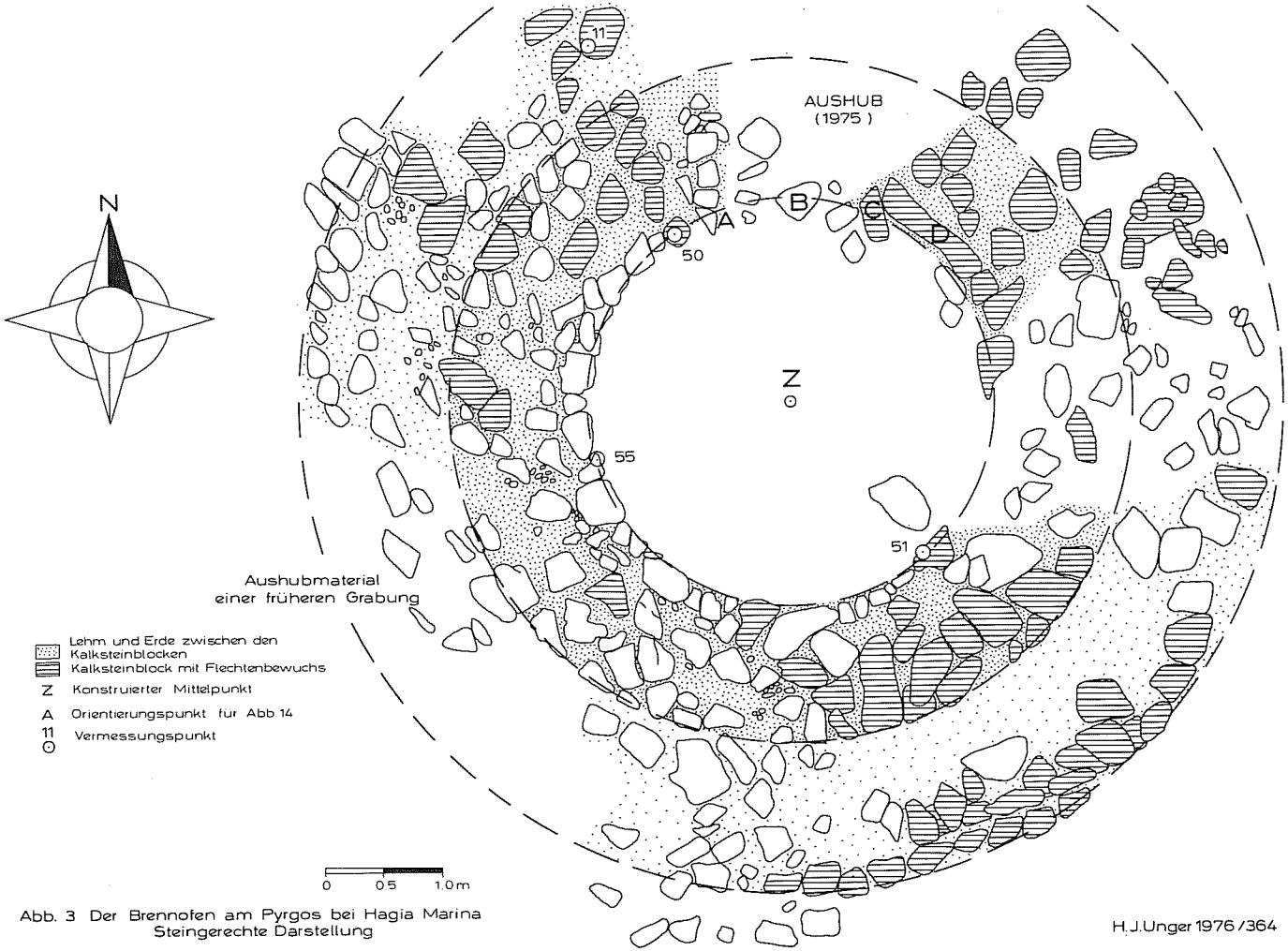


Abb. 3 Der Brennofen am Pyrgos bei Hagia Marina
Steingerechte Darstellung

H.J.Unger 1976/364

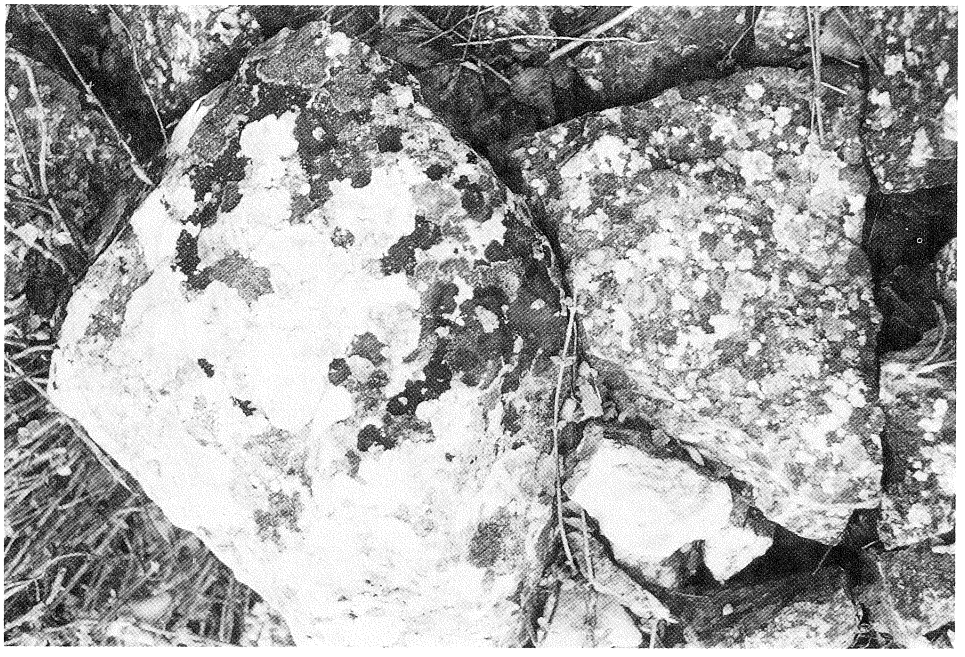


Abb. 4 Flechtenbewuchs an Steinen der mykenischen Mauer auf dem Stadtberg Pyrgos bei Hagia Marina (Foto: G. Spitzlberger)

Abb. 5 Flechtenbewuchs an Steinen der Oberkante des Umlaufs am Brennofen (Foto: G. Spitzlberger)

Abb. 3 läßt als steingerechter Situationsplan erkennen, daß die Steine mit altem Flechtenbewuchs alle ziemlich in situ als Teil der Mauer liegen, das heißt, daß diese Steine, die nie aus dem Mauerverband gelöst waren, jenen Zeitpunkt markieren, seit dem diese der Bewachsung ausgesetzt sind. Abb. 4 und Abb. 5 stellen im Foto den beinahe identischen Flechtenbewuchs von Mauersteinen auf dem Stadtberg und von Steinen aus der Oberkante des Umlaufs am Brennofen gegenüber, jenes Teil also, der im Laufe der Jahrhunderte am wenigsten einer Veränderung ausgesetzt war; weder bei Einsturz der Kuppel noch bei den Auswühlungen des vorigen Jahrhunderts sind diese Steinlagen bewegt worden, so daß der Flechtenbewuchs ungestört blieb. Demgegenüber ist der Ansatz von Flechten auf den erst seit vorigem Jahrhundert freiliegenden Steinen noch vergleichsweise geringfügig und im Anfangsstadium; ähnlich finden sich ja auch an den großen Quadern des Kuppelgrabs in Orchomenos nur ganz junge Flechtenbildungen, da erst seit der Freilegung durch SCHLIEMANN im vorigen Jahrhundert der Flechtenbewuchs einsetzen konnte.

Somit lassen sich also allein am Brennofen unserer Untersuchung verschieden alte Bewuchsformen eindeutig feststellen, die eine chronologische Einordnung ermöglichen. Die Ersterbauung des Ofens kann also ungefähr zur Zeit des Mauerbaues am Stadtberg erfolgt sein; dafür spräche auch die ähnliche Mauerstruktur einiger ebenso kleinteilig gebauter Züge östlich des Auffahrtstores.

4. Zur Topographie der näheren Umgebung

Der Ofen liegt am oberen Rand einer leicht auf den ehemaligen großen Kanal zugeneigten Terrasse, die gegen den heutigen Melaslauf zu mit einer noch erkennbaren Kante abschließt, die von einer Hecke bestanden ist. Trotz der Ackerbewirtschaftung dieses Vorgeländes ist vom Ofen abwärts auf diese ehemalige Wasserkante (und Brücke?) zu deutlich ein einstiger Wegdamm zu erkennen, während sich am südlichen Rand dieser tiefer als der Ofen gelegenen Terrasse Setzungen großer Fundamentsteine von Gebäudegrundrissen finden. Vorweg ist also zu vermuten, daß in Zeiten weniger hohen Wasserstandes des Sees diese Terrasse eine verbindende Rolle gespielt hat, d. h., Produkte des Ofens sind wohl in Richtung Kanal oder Brücke zum Weitertransport gebracht worden, vielleicht zu einer auf dem Kanaldamm laufenden Straße, wie sie ja bis in historische Zeit benützt wurde. Nicht zufällig gab es als Vorläufer der heutigen Melasbrücke am Pyrgos Marina schon eine fränkische Brücke mit niedrigen festen Bögen, die sie deutlich von den hochgewölbten Brücken unterschieden (ULRICHS 1840, 212), neben der noch lange die Reste einer früheren angeblich antiken Brücke sichtbar waren (FRAZER 1898, 116). Um 1840 berichtet Ulrichs, er habe von der „großen antiken Brücke" noch Quader liegen gesehen, aus denen der Bogen gewölbt war (ULRICHS 1840, 212 und 219).

5. Der besiedlungsgeschichtliche Zusammenhang

Älteste paläolithische Siedlungsspuren sind in der Kopais bisher nur an der Seidihöhle nachgewiesen (STAMPFUSS 1942), dagegen finden sich neolithische Magulen und Inselberge bereits in stattlicher Anzahl. Ebenso sind frühhelladische (frühbronzezeitliche) Siedlungsstellen rund um den ehemaligen See herum nachzuweisen. Vor allem aber brachte die *späthelladische (mykenische) Epoche die höchste Blüte* in wirtschaftlicher und kultureller Hinsicht. Wahrscheinlich war das Gebiet unter der Herrschaft von Orchomenos auch erstmals eine politische Einheit. Der Ausbau stadtähnlicher Burganlagen, die Anlage eines großartigen Entwässerungssystems mit Kanälen und ausgebauten Katavothren, Dämmen und Straßen hat eindrucksvolle Spuren hinterlassen.

Demgegenüber kann für die geometrische Zeit wahrscheinlich nur von einer teilweisen Weiterbennützung dieser Bauten und Anlagen gesprochen werden, während die klassische und hellenistische Zeit, soweit die Überlieferung und die archäologische Evidenz erweisen, nur an den Hauptplätzen der südlichen und südwestlichen Randzone vertreten ist (u. a. Orchomenos, Polyjira, Lebadeia, Onchestos, Koroneia, Haliartos, Nisi Stroviki). Ähnlich scheint sich auch die Latifundienwirtschaft der römischen Kaiserzeit um die wohl wasserfreieren Bereiche um Orchomenos konzentriert zu haben sowie um den Bereich der Bucht von Akraiphnion, die vom übrigen Überschwemmungsgebiet durch den sogenannten Epaminondasdamm leicht abzuriegeln war. Dieser Damm hat noch in römischer Zeit eine Ausbesserung erfahren.

Die jeweiligen Umstände der darauffolgenden Epochen der byzantinischen, fränkischen und türkischen Zeit sind durch den wechselnden Wasserstand geprägt gewesen. Frankentürme (H.-J. UNGER-G. SPITZLBERGER 1974) beweisen eine gewisse Kontinuität der Besiedlung, ebenso Türkenstraßen und -brücken, wobei im einzelnen erst noch die Vielzahl topographischer und klimatologischer Details in Zusammenhang zu bringen sind. Der auf Pyrgos Marina in letzten Spuren noch feststellbare Frankenturm hat wohl für die Überwachung der vorbeiführenden Straßen eine Rolle gespielt. Obgleich für den Bau solcher Frankentürme Kalk verwendet wurde, ist doch die Art der Mauerstruktur dieser Zeit von der des Ofens so verschieden, daß seine Ersterrichtung nicht den Franken zugeschrieben werden kann.

6. Beurteilung des Befundes aus historischer Sicht

Die im ersten Teil der Dokumentation erwiesene Funktion des Objektes als Kalkbrennofen und seine sekundäre Verwendung als Kalkgrube liefert allein noch keinerlei Datierung. Wenn die Mauerbauweise des Ofens eine Entstehung in mykenischer Zeit nicht ausschließt und auch das lichenometrische Argument dafür zu sprechen scheint, ist daran zu denken, daß gerade die mykenischen und minoischen Palastbauten ausgezeichnet sind durch Freskomalereien, die ja auf kalkverputzte Wände aufgetragen wurden. Gerade in dem nahegelegenen *Gla* hat DE RIDDER diese Tatsache eindeutig festgestellt und beschrieben, daß die Sichtflächen der Innenwände der dortigen Gebäude sorgfältig mit einer *dicken Schicht Kalkmörtel* beworfen und mit Kalk gestrichen waren, die seinerzeit noch erhalten waren (DE RIDDER 1894, 283). In diesem Zusammenhang verweist dieser Autor auch auf *Tiryns,* wo sich der gleiche Sachverhalt finde, daß nämlich die Innenmauer der Gebäude ganz denen von Gla ähnlich seien und den gleichen Kalkanstrich trügen.

Daß auf *Gla* der Kalk aber nicht nur für Verputz Verwendung fand, scheint sich aus den Beobachtungen von ULRICHS zu ergeben, der schon 1840 schreibt: „Die nach Norden gekehrte Seite des Felsens erhebt sich am höchsten. Dort sieht man die Grundlagen eines weiteren Gebäudes aus großen *Steinblöcken, die mit festem Kalk verbunden* sind. Die Abteilungen des Inneren, deren Reste man sieht, waren ebenfalls *aus Steinen und Kalk erbaut*" (ULRICHS 1840, 217).

Die universelle Verwendung von Kalk als Baumaterial beim mykenischen Burgenbau ist aus der weiteren detaillierten Beschreibung DE RIDDERS auf Grund seiner Grabungsergebnisse auf Gla zu erkennen: Kalk wurde auch zur Anlage von Estrichen verwendet. Auf eine Unterlage aus kleinen ausgesuchten ebenflächigen Steinen kam eine ca. 8—10 Zentimeter dicke Schicht aus Kalkmörtel. Dieses Pflaster hat sich gut erhalten und löst sich

unter der Spitzhacke in großen gelbweißen Stücken ab. Um der Masse größere Haltbarkeit zu verleihen, hat man dem Kalkmörtel stellenweise Kies beigemischt, was eine Art Beton erzeugte (De Ridder 1894, 284).

Offensichtlich war also gerade in mykenischer Zeit der Bedarf an gelöschtem Kalk sehr groß, und man kann sich vorstellen, daß man ihn jeweils in der Nähe der Baustelle gebrannt hat.

Man kann annehmen, daß der Bedarf an Kalk für die mykenischen Bauten des umliegenden Gebietes (Marina Pyrgos, Gla) aus nächster Nähe gedeckt wurde und dafür eben Kalkbrennöfen verwendet wurden, wie sie allerdings dann erst aus römischer Zeit genauer bekannt sind. Das bisherige Fehlen von Beschreibungen mykenischer Kalkbrennöfen sagt nichts gegen ihre einstige Existenz, wie denn gelöschter Kalk (χάλιξ) zwar erst bei Gelegenheit des Baues der Langen Mauern von Athen erwähnt wird (Blümner 1884, 100), und, obgleich Brennöfen für diese Zeit ebensowenig beschrieben sind, es sie doch gegeben haben muß. Ausdrücklich ist von solchen Öfen erst in römischer Zeit die Rede. Cato agr. 38, 1 erwähnt, daß ein fornax calcarius 6 Meter hoch, unten 3 Meter und oben 1 Meter breit sei und eines oder zwei Feuerlöcher habe.

Diese Maße sind annähernd vergleichbar mit den Maßen des Ofens von Hagia Marina. Die technologischen Bedingungen waren eben die gleichen und offensichtlich waren seine Erbauer erfahren genug, bis an die Grenze der möglichen Kapazität zu gehen. Dieser Größenordnung entsprechen übrigens auch die im Rheinland gefundenen römischen Kalkbrennöfen mit rund 2,8 Meter Innendurchmesser (Sölter 1970).

Über die Bedeutung des geeigneten Rohmaterials, d. h. über die Qualitätsunterschiede des Rohkalksteins war man sich auch damals wohl im klaren, obgleich diese Erkenntnis wiederum erst von einem Römer ausgesprochen wird: Plinius nat. 36, 174 berichtet, daß möglichst einheitliche und helle Steine gebrannt werden sollten.

Es liegt nahe, den Betrieb des Ofens von Pyrgos Marina in einer Zeit intensiver Bautätigkeit zu vermuten. Bei der soliden Ausführung der Anlage ist auch nicht ausgeschlossen, daß sie mehrfach in aufeinanderfolgenden Geschichtsperioden wiederverwendet wurde, es bestand ja kein Anlaß, sie absichtlich zu vernichten. Die letztmalige Verwendung mag in mittelalterlicher Zeit stattgefunden haben. Vielleicht wurde der Ofen erst damals nicht mehr ganz ausgeräumt. Der verbliebene Rest gebrannten Kalkes löschte sich auf natürliche Weise selbst durch Regen, und es mußte nach dem Einsturz der Kuppel genügend Zeit vergehen, bis die Ofenruine so weit überdeckt und verwachsen war, daß man in ihr im vorigen Jahrhundert ein Kuppelgrab vermuten konnte, das man nach Grabräubersitte auszuräumen begann, um dann das Vorhaben enttäuscht abzubrechen. Die teilweise Wiedereinfüllung könnte bedeuten, daß es sich immerhin um eine offizielle Öffnung gehandelt hat, die mit der Entdeckung des orchomenischen Kuppelgrabes irgendwie in Zusammenhang stand.

7. Literatur

H. Blümner: Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern, Bd. 3, Leipzig 1884.

J. G. Frazer: Pausanias' description of Greece, Bd. 5, London 1898.

U. Kahrstedt: Der Kopaissee im Altertum und die „Minyschen" Kanäle, AA Beiblatt zum Jahrb. d. A I 1937, I—II 3—20.

M. L. Kambanis: Le desèchement du Lac Copais par les Anciens, I BCH 16, 1892, 121—137; II BCH 17, 1893; 322—342.

E. J. A. Kenny: The ancient drainage of the Copais, Annals of Arch. and Anthrop. (Liverpool) 22, 1935, 189—206.

S. Lauffer: Medeon, AM 63—64, 1938—1939, 177 ff.

S. Lauffer: Frühe Siedlungen im Kopaisgebiet, Verh. VI. Internat. Arch. Kongr. Berlin 1939, 304 f.

S. Lauffer: Forschungen im Kopaisgebiet, AA 1940, 184 ff.

S. Lauffer: Ptoion, RE XXIII 2 (1959), Sp. 1505—1578.

S. Lauffer: Topographische Untersuchungen im Kopaisgebiet 1970, Deltion 26, 1971 (1974), 239—245.

S. Lauffer: Orchomenos, RE Suppl. XIV (1974), Sp. 290—333.

F. Noack: Arne, Mitteilungen des Deutschen Archäologischen Instituts in Athen (= AM) 19, 1894, 464 ff.

A. Philippson: Der Kopais-See in Griechenland und seine Umgebung, Ztschr. d. Ges. für Erdkunde in Berlin, hrsg. v. Georg Kollm, 29, 1894, 1—91.

A. De Ridder: Fouilles de Gha, Bulletin de Correspondance Héllénique (= BCH) 18, 1894, 283 ff.

W. Sölter: Römische Kalkbrenner im Rheinland, Düsseldorf 1970.

G. Spitzlberger-H. J. Unger: Dokumentation Kopais 1973 (Frankentürme), Mskr. 1974.

Th. G. Spyropoulos: Introduction to the Study of the Copaic Area, Archaiologica Analecta ex Athenon (= AAA) 6, 1973, 210—214.

R. Stampfuss: Die ersten altsteinzeitlichen Höhlenfunde in Griechenland, Mannus 34, 1942, 132—147.

H. N. Ulrichs: Reisen und Forschungen in Griechenland, Bd. 1, Bremen 1840.

Zusammenfassung der Arbeiten dieses Bandes

Zusammenfassung

Bei der von der Fritz-Thyssen-Stiftung 1975 geförderten Untersuchung der ursprünglich als Schmelzofen angesprochenen Steinruine am Fuß des Stadtberges Pyrgos bei Hagia Marina in der Kopais (Boiotien) wurde zunächst die Geologie der näheren Umgebung des Objekts (Kalke mit Mergeleinschlüssen des Jura und der Kreide) und das obertägige Erzvorkommen im Detail aufgenommen und Proben gesammelt. Im gleichen Gebiet wurde auch die Flora untersucht. Der Ofen selbst wurde im Innern soweit freigelegt und gesäubert, daß Aussagen über seinen Bau und seine wahrscheinliche Funktionsweise möglich wurden.

Ergebnisse:

1. Bei dem anstehenden Erz handelt es sich um ein synsedimentäres Erzlager mit schwankendem Fe-Gehalt und einem zu hohen P_2O_5-Anteil, als daß eine Verhüttung vor dem 18. Jahrhundert n. Chr. angenommen werden könnte, da man vorher für ein derart komplexes Erz keine Technologie kannte.
2. Der archäologische Befund ergab, daß die Anlage zum Kalkbrennen diente und nach dem letzten Brand nicht vollständig ausgeräumt wurde, so daß heute eine dicke Schicht durch Regenwasser gelöschten Kalks den Bodenraum ausfüllt. Eine spätere Wiederverwendung als Kalkgrube ist nicht ausgeschlossen.
3. Unter Berücksichtigung der historischen Zusammenhänge des Gebietes und durch Vergleiche mit Mauerstrukturen sowie unter Heranziehung lichenometrischer Gesichtspunkte ist die Ersterrichtung des Kuppelbaus als Kalkbrennofen während der Blütezeit spätmykenischer Bautätigkeit an den Großanlagen der näheren Umgebung anzunehmen.

Résumé

Les explorations d'un objet archéologique au pied du Pyrgos près de Hagia Marina au bord de l'ancien Lac Kopais (Béotie, Grèce) avancées par la Fritz-Thyssen-Stiftung (Cologne) en 1975, ont compri des recherches géologiques aux alentours qui revélèrent des couches de chaux implantées par des marnes d'origine jurassique et crétacée. Des épreuves ont été prises du gisement de minerai de fer aussi que de la flore de cette region. Le fourneau a été dégagé et nettoyé à l'intérieur pour éclaircir sa construction et sa fonction vraisemblables.

Résultats:

1. Le minerai de fer du gisement voisin se présente comme strate synsédimentaire contenant Fe dans des degrés irréguliers, et P_2O_5 d'un trop grand pourcentage, afin que ce minerai aurait pu être utilisé avant le 18ième siècle de notre ère, car on n'a pas connu les technologies nécessaires auparavant.
2. La constatation archéologique a demontré que le fourneau a servi comme chaufour et qu'il n'a pas été évacué complètement apres la dernière utilisation. Ainsi la chaux vive

restée là-dedans a été éteinte par la pluie et a rempli la partie basale de la construction jusqu'au présent. Peut-être celle-ci a servi encore plus tard comme fosse à chaux.

3. En considérant les rapports historiques de la region et les arguments lichenométriques, et en comparant enfin les structures de murailles, on peut concluir, que ce chaufour a été construit à l'apogée de l'epoque mycenéenne tardive lorsque les grands projets de construction dans les sites archéologiques voisines étaient en train d'être réalisés.

Summary

The investigations of an archeological object in the reach of Pyrgos near Hagia Marina in the Copaic area (Beotia, Greece) that had been advanced by the Fritz-Thyssen-Stiftung Cologne in 1975, comprehended geological inquiries in the neighbour region which reveiled layers of limestone mingled with bands of marls of jurassic and cretassic origin. There were also taken samples from the ore layer close by as well as from the plants growing in that region. The furnace itself has been cleared and cleaned in the interior in order to examine its construction and ist probable function.

Results:

1. The ore taken from the open air layer near by is of synsedimentary structure containing Fe in variable degress, and P_2O_5 in a too high percentage, so that this sort of ore might not have been used before the 18 th century a. d., for the necessary technologies had not been known earlier.

2. The archeological statement shows that the furnace has served as a limekiln and that it had not been cleared completely after its last use. So the rests of burnt limestone slaked by the natural rainwater have filled the bottom of the furnace until present. A later use as a chalk-pit may not be excluded.

3. In consideration of the historical evolution of this area, by comparing the structures of stonewalls and having regard to the arguments of lichenometry, it may be concluded that the furnace with cupola had bene erected as a limekiln from the very beginning during the culmination time of the late mycenaean epoque when the great buildings of the archeological sites in the surroundings were being realized.

Georg Spitzlberger