

# GEOLOGICA BAVARICA

Herausgegeben vom Bayerischen Geologischen Landesamt

---

**102**

## Gold in Bayern

### Vorkommen am Westrand der Böhmischem Masse

zusammengestellt von Gerhard Lehrberger

Mit Beiträgen von

E. ARNOLD	T. HERZOG	P. MORÁVEK
K.-T. FEHR	W. IRBER	G. MORTEANI
F. GRÜNER	A. KOCH	G. PEDALL
E. HARTL	L. LAHUSEN	K. RAUH
T. HATZL	G. LEHRBERGER	G. STETTNER
U. HAUNER	K.-P. MARTINEK	A. WEBER
H. HEDLER		G. WIMMER
S. HEDLER		F. ZÜRL

## GEOLOGICA BAVARICA VARIA

Wissenschaftliche Mitteilungen  
aus dem Bayerischen Geologischen Landesamt

Mit Beiträgen von

W. GROTTENTHALER      U. RAST      H. J. UNGER

Nachrufe auf PAUL SCHMIDT-THOMÉ und WOLF-DIETRICH OTT

Redaktion  
HANS RISCH

Herausgeber und Verlag:  
Bayerisches Geologisches Landesamt, Heßstraße 128, D-80797 München

Geologica Bavaria

102

424 S.

München 1997

Gedruckt mit finanzieller Unterstützung von:  
Lehrstuhl für Angewandte Mineralogie und Geochemie  
der Technischen Universität München  
Stadt Münchberg  
Stadt Goldkronach  
Markt Tittling  
Markt Perlesreut

Alle Urheberrechte vorbehalten  
© Bayerisches Geologisches Landesamt 1997

Herstellung: Druckerei Frühmorgen & Holzmann, München

## Inhalt

### Goldvorkommen am Westrand der böhmischen Masse in Bayern

LEHRBERGER, G.: Vorwort .....	5
MORÁVEK, P. & LEHRBERGER, G.: Die genetische und geotektonische Klassifikation der Goldvererzungen in der böhmischen Masse .....	7
LEHRBERGER, G.: Methodik der Schwermineraluntersuchungen von primären und sekundären Goldvorkommen im nordostbayerischen Grundgebirge .....	33
Münchberger Gneismasse und Bernecker Gneiskeil (Bohemikum)	
GRÜNER, F., HATZL, T. & MORTEANI, G.: Die Goldvererzungen in den Amphiboliten der Hangendserie der Münchberger Gneismasse, Oberfranken .....	45
RAUH, K. & LEHRBERGER, G.: Geländespuren und Geschichte des Goldbergbaues in der Münchberger Gneismasse und im Frankenwald, Oberfranken .....	77
IRBER, W., ARNOLD, E., HEDLER, H., HEDLER, S. & PEDALL, G.: Die Galgenleite bei Goldkronach – Geologie und Geschichte eines Goldbergbauversuchs im Bernecker Gneiskeil, Fichtelgebirge .....	101
Saxothuringikum	
IRBER, W. & ARNOLD, E.: Goldkronach-Brandholz im Saxothuringikum des Fichtelgebirges – neue Aspekte zur Genese der bekanntesten bayerischen Goldlagerstätte .....	109
ZÜRL, F.: Die Geschichte des Goldkronacher Gold- und Antimonbergbaus .....	143
HERZOG, T., LEHRBERGER, G. & STETTNER, G.: Goldvererzungen bei Neualbenreuth im Saxothuringikum des Waldsassener Schiefergebirges, Oberpfalz .....	173
Moldanubikum	
LEHRBERGER, G.: Geochemische Untersuchungen an der Goldvererzung bei Oberviechtach-Unterlangau im Moldanubikum des Oberpfälzer Waldes .....	207
WEBER, A., LEHRBERGER, G. & MORTEANI, G.: Gold und Arsen in Pilzen, Moosen und Baumnadeln – biogeochemische Aspekte einer „geogenen Altlast“ im Moldanubikum des Oberpfälzer Waldes bei Oberviechtach .....	229
HAUNER, U.: Geomorphologische Untersuchungen der pleistozänen Goldseifen und ihrer anthropogenen Grübenfelder im Inneren Bayerischen Wald .....	251
MARTINEK, K.-P. & LEHRBERGER, G.: Goldvererzungen im Moldanubikum des Falkensteinmassivs zwischen Zwiesel und Bayerisch Eisenstein, Bayerischer Wald .....	269
FEHR, K.-T., HAUNER, U. & WEBER, A.: Zur Mineralogie und Bergbaugeschichte der pleistozänen Goldseifen im Rachel-Vorland, Moldanubikum/Bayerischer Wald ...	301
HARTL, E., WIMMER, G. & LEHRBERGER, G.: Die Goldgewinnung aus eluvialen und alluvialen Goldvorkommen im Moldanubikum bei Haidmühle und Bischofsreut, Bayerischer Wald .....	327
KOCH, A., LEHRBERGER, G. & LAHUSEN, L.: Primäre und sekundäre Goldvorkommen zwischen Tittling und Perlesreut im Bayerischen Wald, Moldanubikum .....	345

**Geologica Bavaria Varia**

UNGER, H. J.: Der Ortenburger Schotter am Nordrand der ostbayerischen Molasse . . . . .	361
GROTTENTHALER, W.: Zur würmzeitlichen Deglaziationsgeschichte im Mangfallgebiet .	393
RAST, U.: Petrographische Untersuchungen an Moränen und Schmelzwasserablagerungen von Altenau bei Unterammergau . . . . .	409
VIDAL, H.: Nachruf auf PAUL SCHMIDT-THOMÉ . . . . .	415
BAUBERGER, W.: Nachruf auf WOLF-DIETRICH OTT . . . . .	423

## Vorwort

In der Böhmischen Masse sind zahlreiche Zonen mit unterschiedlichsten Typen von Goldvererzungen bekannt, deren Verbreitung und geologische Zuordnung bisher weitgehend unbekannt war.

Böhmen stellte im Mittelalter – möglicherweise bereits in der Vorgeschichte – eines der wichtigsten „Goldländer“ Europas dar. Im Rahmen der staatlichen Rohstoffpolitik der damaligen ČSSR wurden in den letzten 20 Jahren umfangreiche Untersuchungen an den Goldvererzungen vorgenommen, die dazu führten, daß heute über 200 t an Goldvorräten ausgewiesen sind. Der „Blick über den Zaun“ in unser Nachbarland motivierte und inspirierte eine intensive Untersuchung der Goldvorkommen und der damit verbundenen Bergbautätigkeit auch im bayerischen Teil der Böhmischen Masse.

In diesem Band werden nun 15 Arbeiten über Goldvorkommen im bayerischen Anteil der Böhmischen Masse vorgestellt. Die Gliederung der Beiträge erfolgt nach den geotektonischen Einheiten: Münchberger Gneismasse (Bohemikum), Saxothuringikum und Moldanubikum (Abb. 1). Es werden neben den rein geologisch-mineralogischen Betrachtungen auch entsprechende Bezüge zur Montangeschichte hergestellt. Die Zusammenstellung erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit, z. B. fehlen die Beschreibung der kretazischen Goldseifen im Hessenreuther Wald bei Erbendorf, das bereits von ALEXANDER VON HUMBOLDT genannte Gebiet des Gevattergrabens westlich von Bad Steben und das Gebiet um Bodenmais im Bayerischen Wald.

Viele der hier zusammengestellten Arbeiten wurden durch die Explorationsaktivität der Firma PREUSSAG AG Metall Mitte der 80er Jahre initiiert. Aus den kleinen Anfängen einzelner Praktika und Diplomarbeiten entstand am Lehrstuhl für Angewandte Mineralogie und Geochemie der Technischen Universität München unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. GIULIO MORTEANI eine Arbeitsgruppe, die in den letzten 15 Jahren die Goldvorkommen in Bayern untersuchte. Der neue „Goldboom“ in der Böhmischen Masse nach der Öffnung der Grenzen nach Osteuropa ermöglichte neue Untersuchungen, deren Ergebnisse hier ebenfalls erstmals der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden.

Eine erste öffentliche Darstellung der Arbeiten über die Goldvererzungen im bayerischen Teil der Böhmischen Masse erfolgte im Juli 1996 bei der Tagung „Goldvorkommen im Herzen Europas“ im Schloß Theuern bei Amberg. Diese Zusammenstellung zeigte, daß in Bayern die weitaus meisten Goldvererzungen in der Bundesrepublik auftreten. Dieser Band stellt somit auch einen bedeutenden Beitrag zur Geologie, Mineralogie, Geochemie und Montangeschichte des Goldes in Deutschland dar.

Dr. GERHARD LEHRBERGER

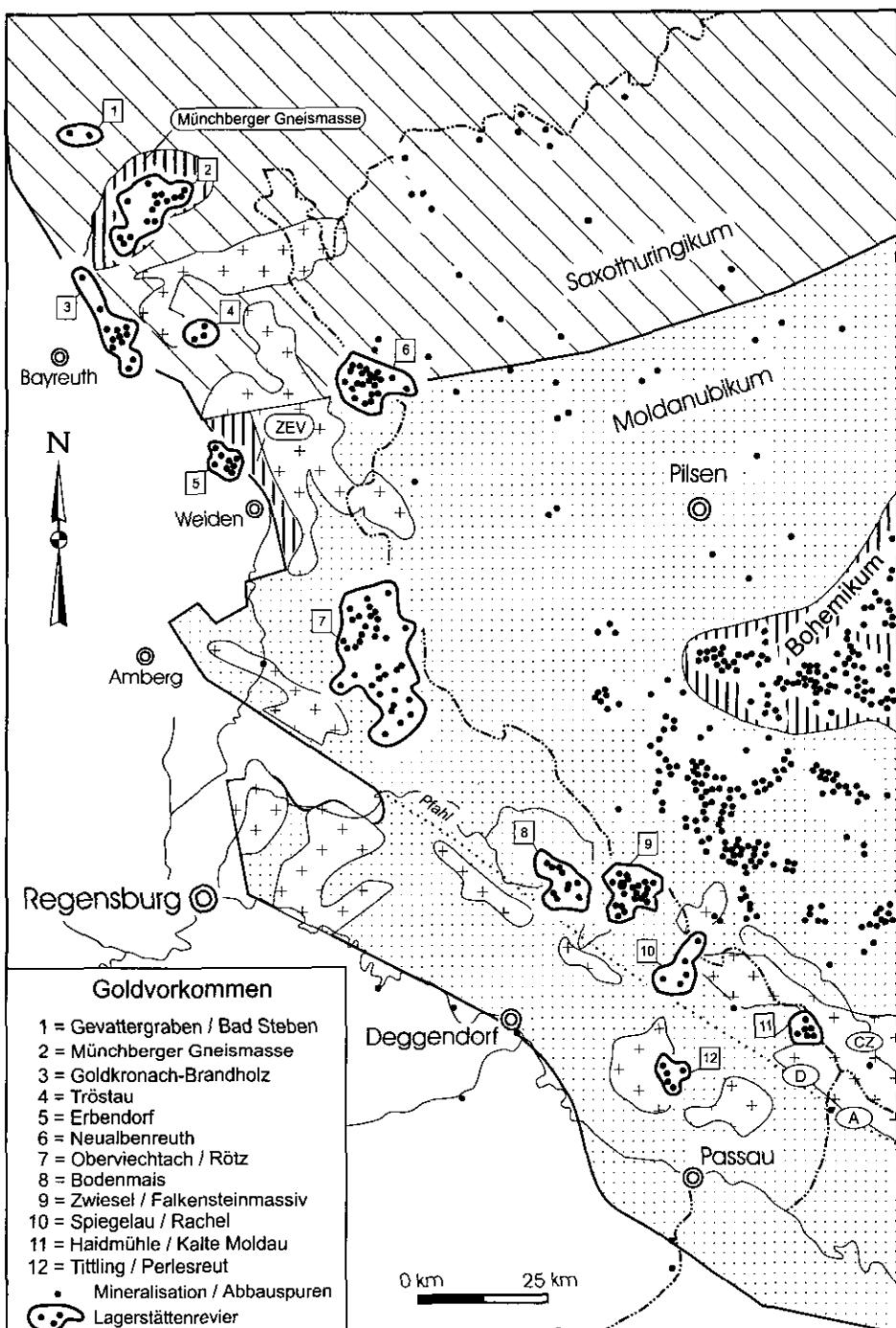


Abb. 1. Goldvorkommen am Westrand der Böhmischen Masse.

# Die genetische und geotektonische Klassifikation der Goldvererzungen in der Böhmischem Masse

Von PETR MORÁVEK und GERHARD LEHRBERGER

Mit 2 Abbildungen und 2 Tabellen

## Kurzfassung

Innerhalb des Variszikums in Mittel- und Westeuropa läßt sich ein Kette von Goldvererzungen erkennen, die metallogenetische Verwandtschaften aufweisen. Die zahlreichen Goldvererzungen in der Böhmischem Masse werden einer Klassifikation unterzogen, um eine Anbindung an die metallogenetischen Konzepte in vergleichbaren Gebieten zu ermöglichen. Ein wesentliches gemeinsames Merkmal der Goldvererzungen in der Böhmischem Masse ist eine anzunehmende „Vererbung“ von Gold aus dem Oberproterozoikum und/oder dem Altpaläozoikum bis ins Variszikum durch mehrphasige Mobilisierung und Abscheidung an strukturell günstigen Positionen während metamorpher Prozesse.

Die primäre Goldzufuhr in die überwiegend krustalen Gesteine erfolgte wahrscheinlich durch den oberproterozoischen und/oder altpaläozoischen Vulkanismus. Während der kontinentalen Konsolidierung der Kruste wurde das Gold im Frühvariszikum in lithologisch und strukturell kontrollierten Lagerstätten aufkonzentriert. Dieser Typ von Vererzungen ist durch einen hohen Feingehalt von Gold und eine Au-As-Bi-Mo-Te-W-Vergesellschaftung gekennzeichnet.

Die für den Stofftransport nötigen Fluide entstammten überwiegend metamorphen Prozessen, sie können daher als metamorph-hydrothermal bezeichnet werden. Es gibt aber auch Indizien für plutonisch-hydrothermale und/oder metamorph-plutonische Prozesse sowie metamorphe in-situ-Überprägung von Vererzungen.

In der relativ jungen mittel- bis spätvariszischen Phase entstanden strukturgebundene, hydrothermale Au-Ag-(Buntmetall)-Quarzlagerstätten und Sb-Au-Lagerstätten in Bereichen tiefreichender regionaler Störungssysteme.

Einen seltenen Typ von Goldvererzungen stellen porphyrisch-plutonische Lagerstätten und Lagerstätten in Verbindung mit Skarnbildung dar.

Diese genetischen Typen sind auch an verschiedene Zonen der tektonisch-strukturellen Entwicklung bzw. Lithologien gebunden. Das Auftreten bestimmter Vererzungen ist somit vom Werdegang der jeweiligen geotektonischen Einheit abhängig.

Vom Jungpaläozoikum bis rezent kam es im Rahmen der kontinentalen Plattformentwicklung mehrfach zur Ausbildung von Goldseifen. Die wichtigsten sekundären Goldvorkommen finden sich in permokarbonen, kretazischen, tertiären und quartären fluviatilen und fluviglazialen Sedimenten.

## Abstract

Within the Variscan orogen in central and western Europe an accumulation of gold mineralisations occurs, which show certain metallogenetic similarities. This article gives a genetic and geotectonic classification of the gold deposits of the Bohemian Massif to obtain the metallogenetic link to other central and western European Variscan areas.

A common feature of the gold mineralisations of the Bohemian Massif seems to be the heritage of gold from upper Proterozoic and/or lower Paleozoic volcanosedimentary rocks to Varis-

can structurally controlled deposits. The processes of mobilisation and redeposition of the metals were driven by metamorphic processes and/or granitoid intrusions.

The primary metal content of the rocks is regarded to be related to an upper Proterozoic and/or lower Paleozoic volcanic activity with associated hydrothermal-exhalative activity. During the continental consolidation of the Bohemian Massif in the early Variscan orogeny gold and other metals were concentrated in lithological and tectonical favourable structures. This type of deposits is characterised by high gold fineness and Au-As-Bi-Mo-Te-W-association.

The fluids responsible for the metal transport originated most probably from metamorphic dehydration processes, the deposits therefore can be regarded to be of metamorphic-hydrothermal and/or metamorphic plutonic origin.

During the middle to late Variscan orogenic period hydrothermal vein-type Au-Ag-base metal and Au-Sb-deposits formed related to deep seated regional tectonic zones.

A rare type of gold mineralisation is represented by the deposits of the plutonic-porphyry type and by skarn related deposits.

The occurrence of different genetic types of gold mineralisation is restricted to certain tectono-structural units and implies a connection between structural development of parts of the Bohemian Massif and the formation of gold mineralisations.

The formation of placer gold deposits is related to the post-Variscan platform-type evolution of the Bohemian Massif. Mainly Permian-Carboniferous molasse-type sediments and Tertiary to Quaternary alluvial and fluvioglacial sediments show significant gold concentrations in numerous sites throughout the Bohemian Massif.

## Inhalt

1. Einleitung . . . . .	9
2. Primäre Goldvererzungen . . . . .	11
2.1. Sulfidische Lagerstätten mit Goldgehalten . . . . .	11
2.2. Goldführende Lagerstätten mit Quarz als Gangart . . . . .	13
3. Verteilung der primären Goldvererzungen auf die großtektonischen Einheiten der Böhmisches Masse . . . . .	14
3.1. Vulkanogene und magmato-plutonische Einheiten . . . . .	16
3.1.1. Jeseníky-Gebirge . . . . .	16
3.1.2. Mittelböhmische metallogenetische Zone . . . . .	17
3.1.3. Mittelböhmischer Pluton (Mittelböhmische Mobilzone/Moldanubikum) . . . . .	19
3.1.4. Saxothuringikum . . . . .	20
3.1.5. Lugikum (Westsudeten) . . . . .	20
3.2. Hochgradig metamorphe Einheiten . . . . .	20
3.2.1. Wichtigste Gebiete mit Goldvererzungen im tschechischen Teil des Moldanubikums . . . . .	20
3.2.2. Moldanubikum in Bayern . . . . .	23
3.2.3. Münchberger Gneismasse . . . . .	24
4. Altersverteilung der Vererzungen . . . . .	24
5. Genetische Modelle der primären Goldvererzungen . . . . .	25
6. Sekundäre Goldvorkommen (Seifengoldlagerstätten) . . . . .	27
6.1. Böhmischa Seifenlagerstätten . . . . .	27
6.2. Bayerische Seifenlagerstätten . . . . .	27
7. Literatur . . . . .	29

## 1. Einleitung

Im gesamten außeralpinen variszischen Gebirgsgürtel sind zahlreiche Goldvorkommen bekannt. Die Kette der Goldvererzungen läßt sich vom Variszikum der iberischen Halbinsel über das Armorikanische Massiv und das Zentralmassiv in Frankreich, das Massiv der Vogesen und des Schwarzwaldes bis hin zur böhmischen Masse in Deutschland, der Tschechischen Republik und Polen verfolgen (Abb. 1). Manche der Gebiete stellten bereits in der Antike bedeutende Goldproduzenten dar, und bis heute wird Gold in diesem Gebirgsgürtel abgebaut, wobei die Schwerpunkte der früheren Gewinnung auf den heutigen Arealen von Spanien, Portugal, Frankreich und Tschechien lagen.

Die ähnliche geotektonische Entwicklung sämtlicher variszischer Gebirgsareale läßt auch Ähnlichkeiten der Goldvererzungen erwarten. MORÁVEK (1995) konnte derartige Zusammenhänge deutlich herausstellen. Die genetische Interpretation der in diesem Band näher betrachteten Goldvererzungen im bayerischen Anteil der böhmischen Masse muß somit unter Berücksichtigung der Ergebnisse entsprechender Untersuchungen im angrenzenden böhmischen Teil der böhmischen Masse, aber auch in der Zusammenschau mit den anderen variszischen Gebirgsteilen in Mittel- und Westeuropa betrachtet werden.

Bei einem direkten Vergleich mit dem benachbarten Böhmen zeigt sich, daß dort in den letzten 15 Jahren umfangreiche Explorationsarbeiten auf Goldvererzungen durchgeführt wurden, so daß in diesem Gebiet auch wesentlich mehr Erkenntnisse zur Genese der Goldvererzungen erlangt werden konnten. Die Klassifikation der Vorkommen in diesem Beitrag wurde daher auch weitgehend an den böhmischen und mährischen Lagerstätten entwickelt.

Das staatliche Rohstoffprogramm in der ehemaligen Tschechoslowakei ermöglichte die Erkundung zahlreicher Goldvererzungen durch umfangreiche geologische Kartierungen, Kernbohrkampagnen und untertägige Auffahrungen. In Bayern hingegen war man im wesentlichen auf einzelne Untersuchungen von Rohstofffirmen und auf Forschungsarbeiten von Universitäten, interessierten Mineraliensammlern und Heimatforschern angewiesen. Die Untersuchungen erfolgten meist an Oberflächenaufschlüssen oder in den wenigen zugänglichen Stollen, in einigen Fällen auch an Bohrkernen.

Wesentliche Arbeiten zur Entstehung von stratiformen Goldvererzungen von KLOMÍNSKÝ et al. (1980) und die Ergebnisse der systematischen Bachsedimentprospektion mit Schwermineraluntersuchung bilden die Basis für die Beschreibung der regionalen Verteilung der Goldvorkommen in der Tschechischen Republik (TENČÍK et al. 1970, 1982; ALBRECHTOVÁ et al. 1984; ŠPONAR et al. 1985). Im Rahmen eines von der Volkswagenstiftung geförderten Forschungsprojektes konnten über 1000 Lokalitäten mit Spuren historischer Goldgewinnung als Hinweise auf Goldvorkommen in Böhmen und Bayern von J. KUDRNÁČ, J. FRÖHLICH, J. MERTA und G. LEHRBERGER zusammengetragen werden (LEHRBERGER et al. 1997).

Das Gesamtpotential an Gold in den bekannten Vererzungen der böhmischen Masse beträgt etwa 400 t, wovon schätzungsweise bisher nur ca. ein Viertel ausgebaut wurde. Die größten Reserven sind in der mittelböhmischen metallogene-

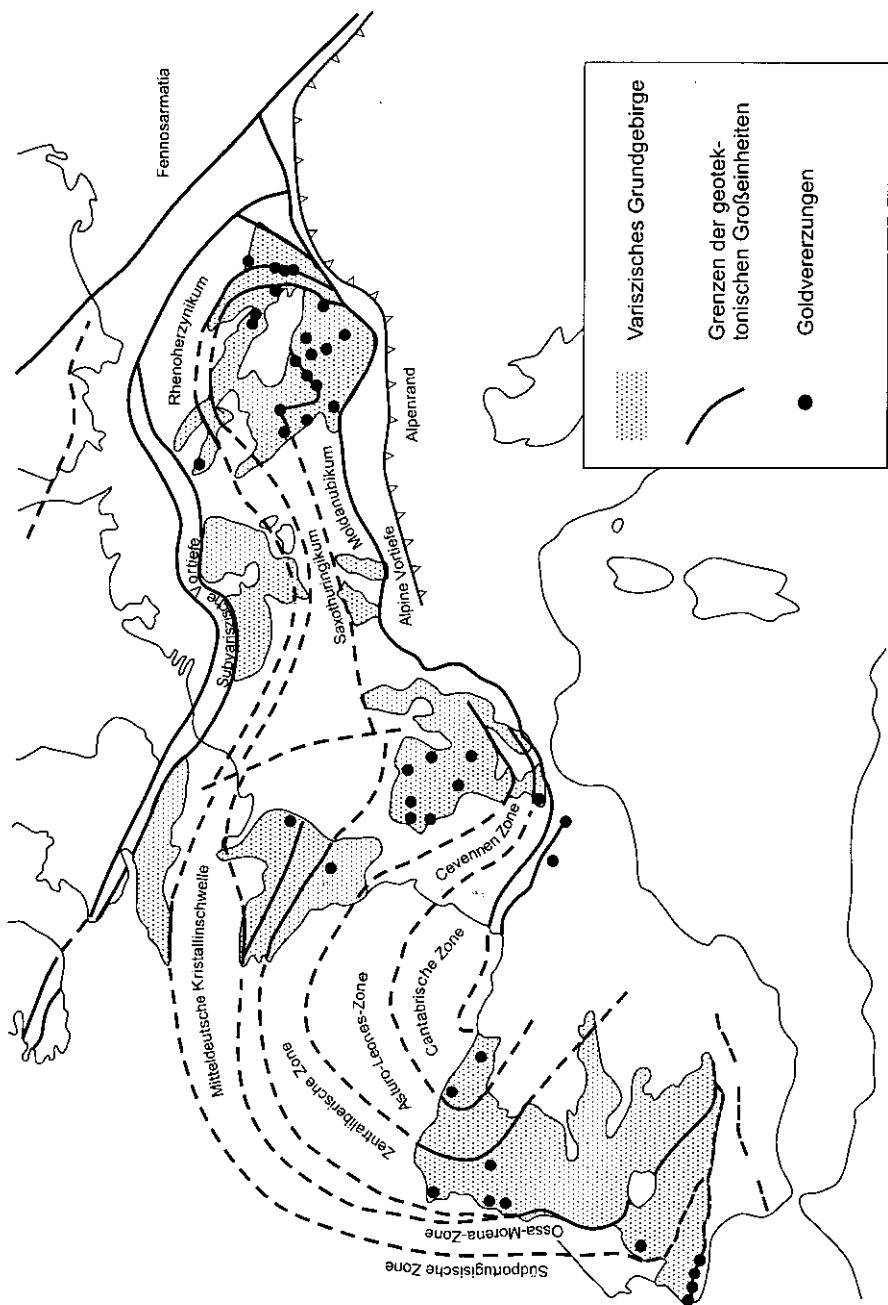


Abb. 1. Die Goldverzerrungen in den variszischen Gebirgsmassiven Europas (nach MORÁVEK 1995).

tischen Zone im Grenzbereich zwischen Moldanubikum und Bohemikum, der sog. Jílové-Zone, sowie in der metallogenetischen Zone des Böhmerwaldes im Moldanubikum nachgewiesen.

Mit der Entstehung der Goldvorkommen in Bayern, Böhmen und Mähren haben sich in den beiden vergangenen Jahrzehnten zahlreiche Geologen beschäftigt. Umfassende Publikationen von DILL (1985), MORÁVEK et al. (1992), LEHRBERGER et al. (1990), GRÜNER (1990), MORÁVEK et al. (1996), u. v. a. zeigen, daß eine große Vielfalt von Vererzungstypen nachweisbar ist. Einen Literaturüberblick gibt die Bibliographie in den genannten Werken.

## 2. Primäre Goldvererzungen

Die primären Goldlagerstätten und -vorkommen in der Böhmischem Masse zeigen sämtliche Formen von Lagerstätten in Abhängigkeit vom Vererzungstyp und den geologischen Strukturen: Es sind Gänge, Stöcke, Imprägnationen oder stratiforme Erzkörper bekannt. Sie lassen sich im wesentlichen nach den Begleitmineralen des Goldes in goldführende sulfidische Lagerstätten und Gold-Quarz-Lagerstätten untergliedern.

In Tabelle 1 sind die Hauptgruppen der Vererzungen, die geologischen Verhältnisse, die individuelle Ausbildung der Vererzungen, mineralogische Besonderheiten, Formen der Erzkörper, genetische Charakteristika sowie die typischen Vertreter des jeweiligen Lagerstättentyps zusammengestellt. Zahlreiche Goldvererzungen sind jedoch nur unzureichend aufgeschlossen oder untersucht, so daß keine sichere Zuordnung zu den hier genannten Lagerstättentypen getroffen werden kann.

Wirtschaftlich betrachtet weisen die primären Goldvererzungen in Böhmen eine deutlich größere Ausdehnung und einen höheren Erzhalt auf als auf bayerischer Seite. Eine Übersicht der Lage, Geologie und Bergbaugeschichte der böhmischen Goldbergbaureviere findet sich bei LEHRBERGER (1996b).

### 2.1. Sulfidische Lagerstätten mit Goldgehalten

- a) **Buntmetall-Lagerstätten mit überwiegend Cu-Pb-Zn-Erzen.** In diesen Lagerstätten tritt Gold untergeordnet auf und bildete ein Nebenprodukt der auf die Sulfide ausgerichteten Förderung. Typische Beispiele sind die Lagerstätten Tisová, Zlaté Hory, Bayerland/Pfaffenreuth, Bodenmais und Wirsberg/Kupferberg. Die goldführenden Zonen in diesen Lagerstätten sind an tektonische Schwächezonen oder oberflächennahe Zonen mit Zementationsbildungen gebunden, wie es beispielhaft in Zlaté Hory-West in Nordmähren zu erkennen ist.
- b) **Goldreiche Arsenlagerstätten.** Die Gruppe der Arsenlagerstätten tritt überwiegend am Nordrand der Böhmischem Masse in Polen auf. Das typische Beispiel ist Złoty Stok (Reichenstein) in Polen.
- c) **Goldreiche Arsen-Bismut-Lagerstätten.** Diese Gruppe von Vererzungen ist bisher überwiegend aus dem Moldanubikum des Oberpfälzer und

*Tabelle 1: Übersicht der Typen primärer Goldvererzungen in der Böhmischen Masse*

Hauptgruppen	Geologischer Rahmen	Vererzungstyp	Feingehalt des Goldes	Mineralogische Besonderheiten	Lagerstättentyp	Genese	Typikalitäten
<b>I. Vererzungen im Zusammenhang mit vulkanischen und metamorphen Prozessen</b>	Sedimente und Vulkanite niedriggradig und mittlerem Metamorphosegrades	I-1 Au-führende Sulfide	2 Typen: 700-900 und >900	Pyrit, Pyrrhotin, Chalkopyrit, Sphalerit, Galenit	stratiforme Erzkörper und Impregnationen	submarin-exhalativ, lithologische Kontrolle Remobilisierung während einer Metamorphose	Zlato Hory-West, Ujezd und Kasejovice, Waldsassen, Bodenmais
		I-2 Au-führende Sulfide u. Quarz + Karbonat	>900	Pyrit, Arsenopyrit, Ca-, Mg-, Fe-Karbonate	Gänge, unregelmäßige Formen	hydrothermal-metamorph, strukturelle und lithologische Kontrolle	Suchá Rudná
<b>II. Vererzungen im Zusammenhang mit metamorphen Prozessen oder Graniten</b>	Porphyrische Granodioritintrusion	II-1 Goldvererzung vom Porphyry-Typ	>900 seltener 560-900 (Spuren v. Cu, Hg)	Chalkopyrit, Pyrit, Pyrrhotin, Molybdänit, Scheelite, Bi-Te-Minerale	Erzstücke, unregelmäßige Formen	hydrothermal, in Verbindung mit sauren porphyrischen Intrusionen	Vachkov-Vsetínská Hora, Petřekovice
	Sedimente und Vulkanite niedriggradigen Metamorphosegrades, kontinuierliche I-Typ-Granitoide	II-2 Au-führender Quarz	>850 späterlich als Au <sub>2</sub> Bi	Pyrit, Pyrrhotin, Arsenopyrit, Bi-Te-Minerales, Molybdänit, Scheelite	Gänge, Erzstücke, Impregnationen	hydrothermal, strukturelle und lithologische Kontrolle	Jilové u Prahy, Česká Lípa, Borutice, Běléčka, Nevalbeňský ?
	Sedimente und Vulkanite hohen Metamorphosegrades, von Granitoiden durchdrungen	II-3a Au-(W)-führender Quarz	>900 als Au <sub>2</sub> Bi	Pyrit, Pyrrhotin, Löllingit, Molybdänit, Scheelite, Bi-Te-Minerales	Gänge, stratiforme Körper	hydrothermal-metamorph, strukturelle und lithologische Kontrolle	Kájovské Hory, Kájovské Hory, Münchberger Gneismasse
		II-3b Au-führende Sulfidvererzungen	>850 häufig mit Bi aus Au <sub>2</sub> Bi eintümisch	Löllingit, Arsenopyrit, selten Mardonit und Au-B-Sulfid	stratiforme, schließungsparallele Erzkörper	metamorph überprägt, keine lithologische Kontrolle, keine Kontrolle durch Störungen	Oberreichenbach, Rötz evtl. Zwiesel und Haunstetten
	Kalksilikatfelsen und serpenitisierte Marmore, mit Granitoidintrusionen	II-4 Au-führende Sulfide und Arseneide	>900	Arsenopyrit, Löllingit, Pyrit, Magnetit	Impregnation (skarnähnlich)	kontaktmetamatische, strukturelle und lithologische Kontrolle	Zloto Stok (Reichenstein, Polen)
<b>III. Vererzungen im Zusammenhang mit tiefliegender Tektonik</b>	hochmetamorphe Schichten und Vulkanite, S-Typ-Granite	III-1 Au- und Ag-führender Quarz	<800 vorherrschend Elektrum	Pyrit, Arsenopyrit, markmalhaft Cu-, Pb- und Zn-Sulfiden	Gänge, Erzstücke, Impregnationen	hydrothermal, strukturelle Kontrolle	Roudná, Umgebung von Písek und Svojkovice
	Granitkomplexe im Allgemeinen	III-2 Au- und Sb-führender Quarz	2 Typen: >900, seltener 700 als Au <sub>2</sub> S	Antimoniopyrit, Pyrit, Sb-Pb-Sulfosulfate	Gänge, Impregnationen	hydrothermal, strukturelle Kontrolle	Křížová Hora, Milešov, Příčovy Goldkronach
<b>IV. Sonstige Vererzungen</b>	verschiedene geologische Einheiten	IV-1 Au-, Se- und U-Mineralen mit Karbonaten	>900	Se- und Uranminerale, Hamatit, Quarz-Sulfid-Assoziation	Gänge	hydrothermal, in Verbindung mit regionaler Tektonik und Scherzonen	Předbořice
		IV-2 Au- und Cu-führende Karbonatgänge	>900	Kupferminerale, Selenit, Fe-Mn-Oxide	Gänge	hydrothermal-metamorphisiert	Stupní
		IV-3 Au- und Pd-führender Hornfels	>500 Pd-Gehalte	Pd-, Hg-Mineral, Baryt, Hamatit	unregelmäßige Formen	bei rückwärtsender Metamorphose remobilisiert?	Svoboda n. Úponí

Bayerischen Waldes bekannt und besteht aus fast reinen Arsenvererzungen in Form von Löllingit und Arsenopyrit, die stratiform in hochmetamorphen Gneisen ohne erkennbare Silifizierung oder Alteration des Nebengesteins auftreten. Das Gold kommt typischerweise zusammen mit Bismut in Form von Maldonit oder durch Entmischung als gediegen Gold neben gediegen Bismut vor. Das bisher bestuntersuchte Vorkommen stellt Gütting-Unterlangau bei Oberviechtach dar.

## 2.2. Goldführende Lagerstätten mit Quarz als Gangart

Dieser Vererzungstyp ist der häufigste und wurde wohl wegen der Auffälligkeit seiner Strukturen im Gelände bereits früh abgebaut. Aufgrund der Mineralparagenese, den geologischen Merkmalen und der Entstehung kann eine weitere Unterteilung dieses Vererzungstyps vorgenommen werden:

- a) **Goldvererzungen mit Au-As-Bi-Mo-Te-W-Assoziation und hohem Feingehalt des Goldes.** Die Lagerstätten dieses Typs umfassen Gänge, Stockwerke, Imprägnationen und horizontgebundene Erzkörper. Sie treten in niedriggradig metamorphen vulkanosedimentären Gesteinen des Oberproterozoikums und/oder des Paläozoikums auf, die von variszischen Granitoiden intrudiert wurden (z. B. Jilové bei Prag, Mokrsko). Ausnahmen dieses Typs stellen höhergradig metamorphe Lagerstätten im Moldanubikum wie Kašperské Hory dar.

Die Vererzungen dieses Typs zeichnen sich durch hohe Feingehalte des Goldes und die Paragenese mit Buntmetallsulfiden, Bi-Mineralen, Telluriden sowie von Molybdänit und Scheelit aus. Die Lagerstätte von Petráčkova hora bei Vacíkov bildet einen Untertyp, der eine charakteristische Au-Ag-Bi-Cu-Mo-W-Assoziation aufweist und an plutonisch-porphyrische Intrusionen in einem kambrischen vulkanosedimentären Gesteinskomplex gebunden sind. In Bayern ist bisher kein Beispiel dieses Vererzungstyps bekannt geworden.

- b) **Goldvererzungen mit Au-Ag-As-Assoziation und niedrigem Feingehalt des Goldes (Elektrum).** Diese Vererzungen treten in Verbindung mit regionalen, tiefgreifenden Bruchstrukturen auf, die die hochgradig metamorphen Kristallinkomplexe des Moldanubikums durchsetzen. Sie sind morphologisch als Gänge, Erzstücke und Imprägnationen ausgebildet (z. B. Roudný, Dobrá Voda). Gold tritt als Elektrum auf, Bi-Te-Minrale sowie Molybdänit und Scheelit fehlen. Häufig treten „gewöhnliche“ Sulfide wie Pyrit, Arsenopyrit und Pyrrhotin auf, seltener werden Buntmetallsulfide mit erhöhten Silbergehalten beobachtet.
- c) **Antimon-Gold-Vererzungen** weisen zahlreiche gemeinsame Merkmale mit obengenannten Vererzungstypen auf, vor allem ihre Bindung an regionale Störungssysteme und ihr Auftreten in Kristallinkomplexen mit Granitoidintrusionen (z. B. Krásná Hora). Der wesentliche Unterschied zu den anderen Gold-Quarz-Lagerstätten besteht im Auftreten einer älteren Goldgeneration mit hohem Feingehalt und einer wesentlich jüngeren Vererzung mit einer Gold-Antimon-Assoziation (z. B. Aurostibit).

### **3. Verteilung der primären Goldvererzungen auf die großtektonischen Einheiten der Böhmisches Masse**

Die Verteilung der Goldvorkommen in Europa auf die unterschiedlichen geologischen Großstrukturen zeigt, daß die Einheiten des variszischen Grundgebirges für das Auftreten von Goldvorkommen eine überragende Bedeutung haben (LEHRBERGER 1995). In Mitteleuropa nimmt darunter die Böhmische Masse die Vorrangstellung ein.

Im geologischen Kontext von Mitteleuropa stellt die Böhmische Masse ein Relikt des Basements der epivariszischen Plattform und des variszischen Tektogens dar, das sich in vier große Blöcke gliedern läßt (Abb. 2): das Saxothuringikum, das Moldanubikum, das Bohemikum und das Sudetikum. Der Westteil des Sudetikums im Bereich des Riesen- und Isergebirges wird als Lugikum bezeichnet. Diese Blöcke, die jeweils unterschiedliche geotektonische Entwicklung aufweisen, werden durch tiefreichende krustale Bruchstrukturen voneinander getrennt und weisen jeweils eine charakteristische metallogenetische Entwicklung auf, die unterschiedliche Typen von Goldlagerstätten bedingen. Gegenwärtige Meinungen über die variszische und prävariszische Entwicklung der Böhmischen Masse werden von widersprüchlichen Modellen der eher konservativen geosynkinalen Entwicklung einerseits und der progressiven plattentektonischen Vorstellungen andererseits bestimmt.

Die meisten und wichtigsten primären Goldvorkommen der Böhmischen Masse liegen in der mittelböhmischen metallogenetischen Zone. Diese überlagert die großtektonische Struktur der **Mittelböhmischen Mobilzone**, die das hochmetamorphe Moldanubikum und das niedriggradig metamorphe Bohemikum trennt. Das Moldanubikum besteht in diesem Bereich aus hochmetamorphen Gesteinen und dem dominierenden Mittelböhmischen Pluton, das Bohemikum aus einem oberproterozoischen vulkanosedimentären Komplex. Die Goldvererzungen treten bevorzugt am Kontakt des mittelböhmischen Plutons zum Bohemikum auf. Das Bohemikum ist durch Gold-Quarz-Vererzungen in Form von Gängen, Stockwerken und Imprägnationskörpern gekennzeichnet, wie weiter unten noch detailliert ausgeführt wird.

Es treten aber auch bedeutende Goldanreicherungen in den hochmetamorphen Gesteinen des Moldanubikums außerhalb der Mittelböhmischen Mobilzone im Böhmerwald, im Bayerischen Wald, im Oberpfälzer Wald und im Blanice-Graben auf.

Im Sudetikum tritt Gold vor allem in Sulfid-Lagerstätten zusammen mit Kupfer, Blei, Zink oder Arsen auf. Gold ist in diesen Lagerstätten seltener mit Quarz assoziiert. Ein klassisches Goldrevier stellt das Jesenky-Gebirge in der Umgebung von Zlaté Hory in Nordmähren dar. Im westlichen Teil des Sudetikums, dem Lugikum (teilweise auf polnischen Territorium) liegt die As-Au-Lagerstätte von Złoty Stok (Reichenstein, Polnisch-Schlesien).

Das **Saxothuringikum** ist vor allem in Tschechien relativ arm an Gold. In Bayern treten sowohl Gold-Quarz-Gänge als auch sulfidische goldführende Vererzungen in kambroordovizischen klastischen Metasedimenten und Metavulkaniten bei Goldkronach und Neualbenreuth auf.

Im Folgenden werden die Goldlagerstättenreviere gruppiert nach Einheiten ähnlicher geotektonischer und orogener Entwicklung dargestellt.

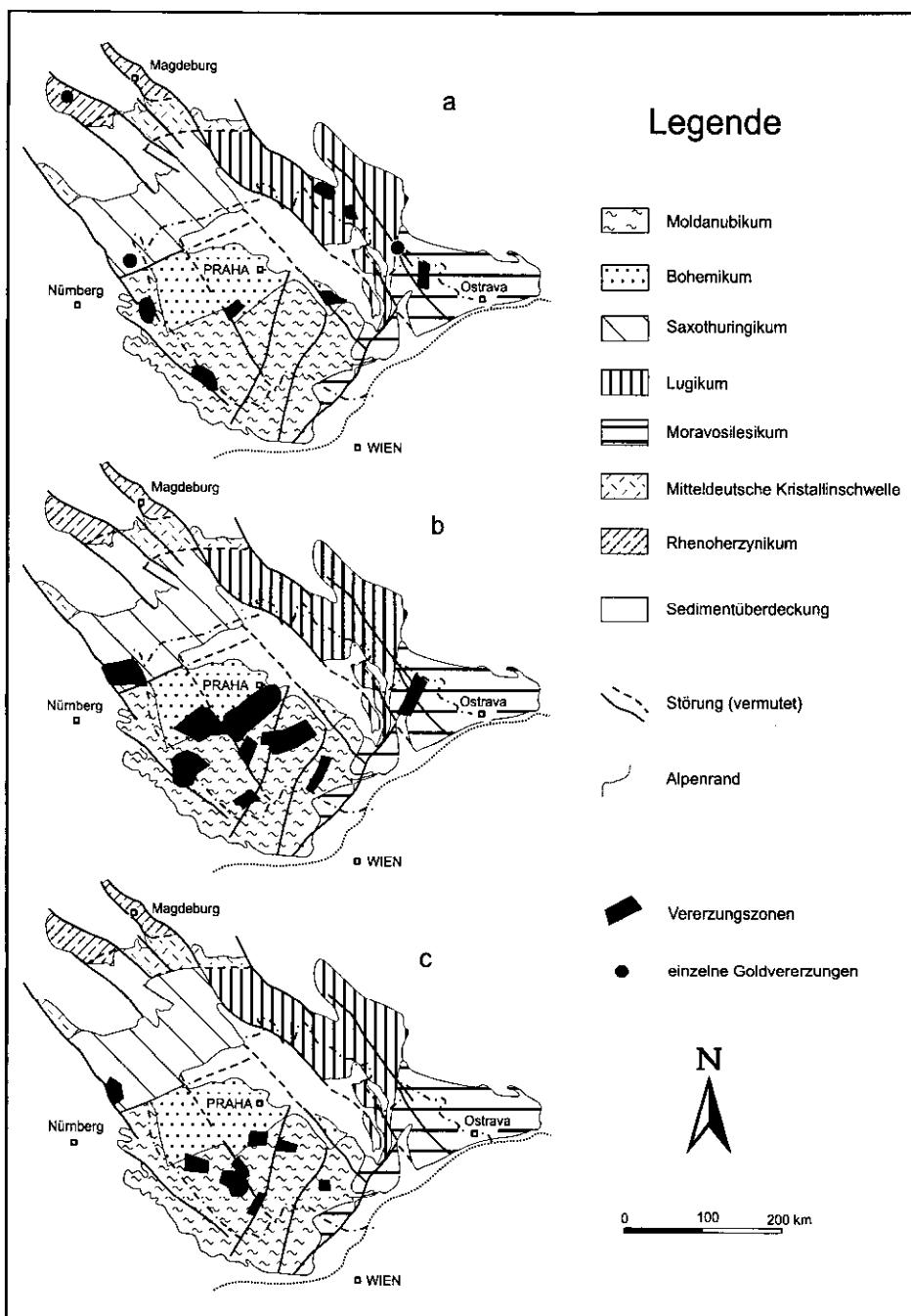


Abb. 2. Metallogenetic Zonen der Goldvererzungen in der Böhmischem Masse. a) Sulfidische Buntmetallvererzungen mit Gold- und Gold-Arsen-Vererzungen. b) Gold-Quarz-Vererzungen und Gold-Arsen-Vererzungen mit hohem Feingehalt des Goldes. c) Gold-Quarz-Vererzungen mit niedrigem Feingehalt des Goldes und Gold-Antimon-Vererzungen (nach MORÁVEK 1996).

### 3.1. Vulkanogene und magmato-plutonische Einheiten

Die wichtigsten primären Goldlagerstätten und -vorkommen der Böhmischen Masse liegen in den oberproterozoischen und devonischen vulkanosedimentären Gesteinskomplexen des Bohemikums. Diese sind meist von einer niedriggradigen Metamorphose betroffen und wurden von variszischen Granitoiden intrudiert. Die Goldvererzungen treten dabei bevorzugt in Gebieten auf, deren Strukturen vorwiegend linear ausgebildet sind, da sie vom Verlauf tiefreichender Bruchstrukturen vorgegeben werden. Typisch sind Gold-Quarz-Lagerstätten mit Gängen und stockförmigen Vererzungen, sowie stratiforme oder imprägnative goldführende Sulfidvererzungen.

Es gibt 3 Hauptregionen mit Goldvererzungen:

Die Mittelböhmische Mobilzone an der Grenze zwischen dem Moldanubikum und dem Barrandium mit überwiegend Gold-Quarz-Lagerstätten wie Jílové u Prahy, Čelina, Mokrsko, Libčice, Nový Knín und Petračková hora bei Vacíkov.

Das Jeseníky-Gebirge, in dem Gold überwiegend zusammen mit stratiformen Buntmetallsulfid-Erzkörpern (Zlaté Hory) oder zusammen mit Quarz oder Karbonat in Gängen und in Imprägnationszonen (Suchá Rudná) auftritt.

Das Gebiet von Železné hory mit Buntmetallsulfid-Lagerstätten, die jedoch nur wirtschaftlich unbedeutende Goldgehalte aufweisen. Als Beispiel ist die Lagerstätte Lukavice zu nennen.

Die gangförmigen Sb-Au-Quarz-Lagerstätten in den Granitoiden des Mittelböhmischen Plutons bei Krásná Hora und Milešov zeigen ebenfalls eine deutliche Abhängigkeit von regionalen tektonischen Strukturen.

Die im Saxothuringikum auftretenden Mineralisationen deuten ebenfalls eine mögliche vulkanisch-hydrothermale Erzzufuhr an, die jedoch durch die Mobilisation und Umlagerung des Goldes in gangförmigen Strukturen nicht immer eindeutig nachzuweisen ist.

#### 3.1.1. Jeseníky-Gebirge

##### Zlaté Hory

Die sulfidischen Buntmetall-Lagerstätten des Golddistrikts von Zlaté Hory liegen in devonischen niedriggradig metamorphen vulkanosedimentären Gesteinen. Die Lagerstätte ist stratiform und tritt in Chlorit-Serizit-Schiefern und Quarziten auf. Der gesamte Gesteinskomplex wurde gefaltet und einer Dynamometamorphose unterzogen, wobei es zu einer örtlichen Remobilisierung des Erzinhaltens kam. Die Vererzung besteht sowohl aus Imprägnationen, als auch aus massiven Erzkörpern mit den Erzmineralen Pyrit, Pyrrhotin, Chalkopyrit, Sphalerit und Galenit.

Strukturell befinden sich die Lagerstättenteile Zlaté Hory-Ost und -West an den Flanken der Antiklinale von Zlaté Hory und es ist eine deutliche Zonierung der Vererzung erkennbar: Kupfererze treten bevorzugt in den tieferen Horizonten, komplexe Cu-Pb-Zn-Erze im Zentralteil und Pb-Zn-Erze charakteristisch in den

oberen stratigraphischen Niveaus auf. Gelegentlich wird eine räumliche Trennung von stratiformer Vererzung und den goldführenden Zonen beobachtet, was als Produkt der selektiven Remobilisierung von Gold während der Metamorphose interpretiert wird.

Die Lagerstätten stellen typische Vererzungen mit geringen Erzgehalten aber mit einem sehr großen Volumen des Erzkörpers dar. Große Teile der Buntmetallze zeigen niedrige Goldgehalte von meist weniger als 1 ppm, höhere Goldkonzentrationen konnten vor allem in der Lagerstätte Zlaté Hory-West in den komplexen Cu-Pb-Zn-Erzen und in stark durchbewegten Zonen entdeckt werden. Dort betragen die Goldgehalte durchschnittlich ca. 3 ppm (JUHAS et al. 1986).

Gold tritt als gediegenes Metall, als Einschluß in Pyrit oder feinverteilt in den anderen Sulfidmineralen auf. Es weist überwiegend einen mittleren Feinheitsgrad mit Goldgehalten von 79–88 % auf. Weder Gold mit hoher Feinheit noch Elektrum konnten häufig beobachtet werden.

### Suchá Rudná

Der Erzdistrkt von Suchá Rudná liegt im Jeseníky-Gebirge an der Grenze der devonischen vulkanosedimentären Abfolge und den unterkarbonen Flyschsedimenten. Zahlreiche Erzgänge und stockförmige Vererzungen wurden während des Mittelalters abgebaut. Ein neuer Typ von Goldvererzungen, die in Schwarzschiefern auftreten, wurde im Rahmen der Exploration in den 80er Jahren entdeckt (AICHLER et al. 1990). Die erhöhten Goldgehalte sind in diesen Lagerstätten an eine ungewöhnliche Karbonatisierung mit Bildung von Porphyroblasten von Fe-Mg-Karbonaten in Gesteinsbereichen mit erhöhten Pyrit- und Kohlenstoffgehalten gebunden, was auf ein ursprünglich reduzierendes Milieu im Gestein hindeutet.

Gangförmige Erzkörper als zweiter Vererzungstyp bestehen aus Imprägnationen und Quarz-Sulfid-Gängchen mit Arsenopyrit als Haupterzmineral. Das Gold weist in der Regel einen Gehalt von 83–90 Gew.-% Au auf, es treten aber auch sehr reines Gold und Elektrum auf. Die Goldführung wird sowohl strukturell als auch lithologisch kontrolliert. Als wesentliche Strukturen sind Falten, Schieferungsflächen und Klüfte zu nennen. Die Vererzungsprozesse sind zeitlich in die variszische Metamorphose einzuordnen.

### 3.1.2. Mittelböhmische metallogenetische Zone

#### Jílové u Prahy

Das Goldrevier von Jílové (früher: Eule) stellt eine der wichtigsten Quellen für Gold in Böhmen dar. Aus Jílové stammt das Gold, das Prag zur „goldenen Stadt“ machte. Jílové war im Mittelalter die größte Goldlagerstätte Böhmens mit einer Gesamtproduktion von etwa 10 t Goldmetall. Der Bergbau wurde im 20. Jahrhundert nochmals aufgenommen und dabei wurden etwa 1,1 t produziert.

Die modernen geologischen Beschreibungen stammen von MORÁVEK (1964, 1971). Jílové liegt im nördlichen Teil der oberproterozoischen vulkanosedimentä-

ren Gesteinsfolge der gleichnamigen Jílové-Zone. Im Lagerstättendistrikt von Jílové sind drei wesentliche Typen von Goldvererzungen zu unterscheiden:

- a) Gangvererzungen im Bereich einer Überschiebungszone, die über 7 km lang ist. Diese Gänge weisen Durchschnittsgehalte von nur 4–10 g/t Au (lokal bis über 1000 g/t!) auf. Trotzdem stellen sie die wichtigsten Erzstrukturen dar.
- b) Stockförmige Vererzungen in räumlicher Verbindung mit Lamprophyr- und Porphyrgängen, die durchschnittliche Goldgehalte von nur 2–4 g/t aufweisen.
- c) Unregelmäßige Imprägnationen und stockförmige Vererzungen von erheblicher Ausdehnung, aber niedrigen Goldgehalten von nur 1–2 g/t.

In allen Vererzungstypen treten neben den häufigen Sulfidmineralen Pyrit und Arsenopyrit auch Buntmetallsulfide in einer Quarz-Karbonat-Gangart auf. Im südlichen Teil des Erzreviers ist eine bunte Assoziation von Bi-, Hg-, Au-, Ag-, und Pb-Telluriden entwickelt. Erhöhte W-Gehalte sind überwiegend an Scheelit gebunden, der ebenfalls im Süden des Erzreviers häufiger zu finden ist.

In den Vererzungsstrukturen treten häufig flach einfallende Reicherzfälle auf, die sowohl lithologisch als auch strukturell kontrolliert sind. Der Lagerstättenbezirk von Jílové weist eine Zonierung mit den höchsten Druck- und Temperaturbedingungen im Zentrum auf. Dort sind Bi, Te, Mo, W und Au angereichert, während am Rand Ag, As, Cu, Pb, Sb dominieren. Das Gold in den Zentralbereichen des Lagerstättendistriktes weist eine Feinheit von über 920/1000 auf, das der peripheren Bereiche von 850–900. Gold tritt meist feinverteilt auf, in seltenen Fällen wurden sogar spektakuläre Stufen mit großen Freigoldaggregaten gefunden.

### Psi Hory – Čelina-Mokrsko

Die Goldvererzungen von Čelina-Mokrsko wurden in den 80er Jahren dieses Jahrhunderts neu entdeckt, obwohl es Abbauspuren gibt, die sicher bis ins Mittelalter zurückreichen. Die Lagerstätte besteht aus den beiden Teilen Čelina und Mokrsko und befindet sich am Kontakt des zentralen Teils der Jílové-Zone zu den umgebenden Granitoidintrusionen des mittelböhmischen Plutons. Die Lagerstättenteile Čelina und Mokrsko wurden in den letzten Jahren durch bergmännische Auffahrungen großräumig aufgeschlossen, und die Lagerstätte stellt heute die bestuntersuchte Goldvererzung in der böhmischen Masse dar (MORÁVEK 1981, 1983, 1984; MORÁVEK & POUBA 1987; MORÁVEK et al. 1989; CLIFF & MORÁVEK 1995).

Die Goldvererzung besteht aus einer Vielzahl feinster Quarzgängchen, sog. „sheeted veins“, bei denen das Gestein in Blätter von wenigen mm Dicke zerstört und von feinen erzführenden Äderchen durchzogen wurde. Dadurch wurden großvolumige stockförmige Vererzungen gebildet, die an E-W-verlaufende Dehnungszonen gebunden sind. Die Mächtigkeit der Vererzung beträgt in der Regel einige 10 m, im Lagerstättenteil Mokrsko-West bis zu 200 m. Die Erzstrukturen durchschneiden den typischen vulkanosedimentären Komplex der Jílové-Zone und den randlichen Teil der Granodioritinvasion des Mittelböhmischen Plutons.

Gold tritt vor allem im Gangquarz in Form mikroskopisch kleiner Körnchen auf, die einen hohen Feingehalt von über 95 Gew.-% Au aufweisen. Sulfidminerale treten eher untergeordnet auf, die wichtigsten sind Pyrit, Arsenopyrit und Molybdänit. Scheelit kommt an einigen Stellen in größeren Mengen vor. Maldonit und Bi-Telluride sind akzessorische Erzbestandteile. Die Goldgehalte erscheinen zunächst mit durchschnittlich ca. 2 g/t relativ gering, die Gehalte treten aber über die gesamte Mächtigkeit etwa gleichbleibend auf, was die Lagerstätte zur größten Goldlagerstätte der böhmischen Masse mit einem nachgewiesenen Goldinhalt von über 100 t macht. Diese Menge ist größer als diejenige Menge an Gold, die man in all den Jahrhunderten in der gesamten böhmischen Masse gefördert hat. Neben der Goldvererzung entdeckte man bei der Exploration auch eine stratiforme Scheelitvererzung, die an mafische Metatuffe gebunden ist.

Die Bildungstemperatur der Goldvererzung liegt mit 450–300 °C relativ hoch. Innerhalb der Lagerstätte ist eine Zonierung festzustellen, die höhere Goldgehalte in den oberen und höhere Wolframgehalte (als Scheelit) in den unteren Teufen bedingt.

### 3.1.3. Mittelböhmischer Pluton (Mittelböhmische Mobilzone/Moldanubikum)

#### Krásná Hora – Milešov

Das Erzrevier von Krásná Hora und Milešov liegt unweit von Čelina-Mokrsko im zentralen Teil des Mittelböhmischen Plutons. Es treten etwa ein halbes Dutzend einzelner Vererzungen auf (RUS & BUBNÍKOVÁ 1980; RUS, KRÁLÍK et al. 1984), wovon diejenige von Krásná Hora bis um 1990 intensiv abgebaut wurde. Die hier auftretende Vererzung ist für die böhmische Masse relativ exotisch und enthält neben Gold hauptsächlich Antimon. Die Gold-Antimon-Vererzung ist an Quarzgänge gebunden, die ihrerseits an E-W-streichende tektonische Zonen und Ganggesteinssörper wie Lamprophyre und Porphyrite gebunden sind. Sowohl die genannten Ganggesteine als auch die Vererzung durchschlagen den porphyrischen Granodiorit des Mittelböhmischen Plutons. Die Goldvererzung wird von einer Uranvererzung überlagert, die an jüngere tektonische Strukturen in NW–SE-Richtung gebunden ist. Die goldführenden Erzstrukturen sind Quarzlinsen mit einer Mächtigkeit von bis zu 1 m, die tektonisch stark deformiert sein können.

Antimonit stellt das häufigste Erzmineral in Krásná Hora dar, daneben kommen auch Arsenopyrit und Pyrit vor. Typische Sb-Mineralen für diese Lagerstätte sind die Minerale Aurostibit, gediegen Antimon und Antimon-Sulfosalze. Gold tritt meist als Freigold oder gebunden in Aurostibit auf. Die Goldgehalte betragen im Durchschnitt 4 g/t. Gold weist in der Regel einen hohen Feingehalt auf, in geringem Umfang tritt Elektrum auf. Der Antimongehalt der Erze beträgt ca. 3 Gew.-%, in Reicherzpartien bis zu 30 Gew.-%. Auffälligerweise besteht keine Korrelation der Gold- und Antimongehalte, denn Gold tritt überwiegend im Zusammenhang mit einer älteren Generation von Arsenopyrit auf.

### 3.1.4. Saxothuringikum

Der Großteil des Saxothuringikums in der Tschechischen Republik ist arm an Gold. Geringe Mengen an Gold sind allerdings an stratiforme Kupfersulfidlagerstätten von Tisová bei Kraslice gebunden. Dafür sind in dieser geotektonischen Einheit in Bayern einige Vererzungen zu finden. Die Goldvererzungen von Goldkronach-Brandholz und Neualbenreuth werden in diesem Band ausführlich von IRBER & ARNOLD sowie von HERZOG et al. beschrieben.

Geringe Goldgehalte wurden auch in den Kupfererzen von Wirsberg und Kupferberg in der südlichen Randschieferzone der Münchberger Gneismasse gefunden (URBAN & VACHÉ 1972).

Die Goldvererzung am Gevattergraben westlich von Bad Steben ist die einzige bekannte Goldvererzung im Frankenwald-Paläozoikum in Bayern. Erste Ergebnisse einer Neubearbeitung des Gebietes zeigen, daß die Vererzung vermutlich an Quarzgänge in paläozoischen Diabasen gebunden ist (EBERT & KERN 1985). Die bisher bekannte Vererzung besteht aus einer Verwachsung von Gold mit Arsenopyrit.

### 3.1.5. Lugikum (Westsudeten)

Das Lugikum ist nur in Nordböhmen aufgeschlossen. Im Lugikum tritt Gold beispielsweise in Černý Důl im Riesengebirge (Krkonoše-Gebirge) in einigen polymetallischen Gängen mit Silber auf. Ein spezieller Fall ist die goldführende Vererzung im Rychory-Gebirge bei Svoboda nad Úpou. Dort kommt Gold mit erhöhten Palladiumgehalten vor. In permo-karbonischen Gesteinen bei Stupná ist Gold mit hohen Kupfergehalten an Melaphyre gebunden (KLOMINSKÝ et al. 1986).

Wichtige Goldvererzungen im Lugikum liegen in Polen, sie gehören überwiegend zum As-Au-Typ. Von diesen Lagerstätten weist Złoty Stok mit ca. 16 t die höchste historische Goldproduktion einer Einzellagerstätte der böhmischen Masse auf.

## 3.2. Hochgradig metamorphe Einheiten

Das Moldanubikum umfaßt den größten Teil der südlichen böhmischen Masse. In den Kristallingesteinen des Moldanubikums treten einige nennenswerte goldführende Lagerstätten auf. So sind im Böhmerwald, im Bayerischen Wald und im Oberpfälzer Wald zahlreiche bereits in der Vergangenheit abgebaute primäre La-gerstätten bekannt. Außerdem treten damit verbunden ausgedehnte Goldseifen in Fluß- und Terrassensedimenten der Flüsse Otava und Volyňka in Böhmen, und der Naab und des Regens in Bayern auf.

### 3.2.1. Wichtigste Gebiete mit Goldvererzungen im tschechischen Teil des Moldanubikums

Die meisten wichtigen Lagerstätten sind Gold-Quarz-Assoziationen mit gelegentlichen Scheelitanreicherungen. Diese Lagerstätten bilden eine nicht zusammenhängende, bogenförmige Zone, die südlich der Apophyse des Mittelböhm-

schen Plutons bei Klatovy (mit den Lagerstätten Kasejovice und Bělčice) nach Hartmanice und Kašperské Hory verläuft.

Zahlreiche Vorkommen und kleine gangförmige Au-Ag-Quarz-Lagerstätten kommen in der Umgebung von Písek, Protivín und Vodňany vor.

Ebenso treten silberführende, polymetallische Gangvererzungen mit geringer räumlicher Erstreckung und mit niedrigen Goldgehalten bei Velhartice, Hory Matky Boží und anderen Orten auf.

Im Blanice-Graben innerhalb des Moldanubikums finden sich bei Roudný und Dobrá Voda Au-Ag-Quarz-Lagerstätten mit Gängen oder Stöcken und zahlreiche silberführende polymetallische Lagerstätten mit niedrigen Goldgehalten, so bei Český Krumlov, Tábor oder Rudolfov.

Im östlichen Teil des Moldanubikums ist zwischen Humpolec und Pacov eine Zone mit Au-W-Quarz-Vererzungen ausgebildet, Scheelit tritt beispielsweise in Orlík bei Humpolec und in Sepekov auf.

Am Rande des Mittelböhmischen Plutons zum Jihlava-Graben treten eine Anzahl von silberführenden polymetallischen Lagerstätten auf, die geringe Goldgehalte aufweisen können (Havlíčkův Brod, Jihlava). Der Lagerstättenbezirk von Jihlava (Iglau) wurde vor allem aufgrund seines Bergrechtes über die Grenzen hinaus bekannt.

Im mährischen Teil des Moldanubikums gibt es bei Želetava, Opatov, Svojkovice mehrere wenig bekannte gangförmige Au-Ag-Quarz-Vererzungen.

Entlang des böhmischen Teils des Moldanubikums und der bunten Šternberk-Čáslav-Gruppe des Kutná Hora-Svatka-Distriktes, zwischen Čáslav und Golčův Jeníkov wurden ausgedehnte Goldanomalien in Schwermineralkonzentraten gefunden. Dieser Befund deutet auf bisher unbekannte primäre Lagerstätten in diesem Gebiet hin.

Stellvertretend für die böhmische Seite sollen aufgrund der Größe und historischen Bedeutung der Lagerstätten die metallogenetischen Zonen des Böhmerwaldes und des Blanice-Grabens näher erläutert werden.

### Die metallogenetische Zone des Böhmerwaldes

Im Böhmerwald treten die wichtigsten Gold-Quarz-Vererzungen in den kristallinen Gesteinseinheiten des Moldanubikum in SW-Böhmen auf. Die bevorzugte lithologisch-stratigraphische Position befindet sich an der Grenze zwischen der liegenden Monotonen und der hangenden Bunten Gruppe. Strukturgeologisch ist diese Zone durch eine intensive Gefügeregelung und Mylonitisierung im Bereich einer großen Störung gekennzeichnet. Die häufigsten Begleitgesteine der Goldvererzungen sind Biotitparagneise mit Sillimanitführung und einer unterschiedlich starken Migmatisierung. Das Auftreten von Hornblende- und Graphitgneisen, sowie Kalksilikatfelsen, quarzitischen Gneisen und Leptynitiden deuten auf ein vulkano-sedimentäres Edukt der Metamorphite hin. Untergeordnet treten auch Biotit-Orthogneise auf. Die gesamte metallogenetische Zone weist eine NW-SE-Erstreckung auf und fällt mit 45–70° nach Nordosten.

Die kristalline Gesteinsfolge wird von verschiedenen Körpern anatektischer Granitoide, meist granitischer oder granodioritischer Zusammensetzung intrudiert, die als Ausläufer des großen Mittelböhmischen Plutons zu betrachten sind.

Die metallogenetische Provinz des Böhmerwaldes ist durch das Auftreten der Elementvergesellschaftung von Au-Bi-Mo-Te-W in gang- und lagenartigen Quarzkörpern charakterisiert. Gold weist allgemein einen hohen Feinheitsgrad auf.

Die Vererzungen treten vor allem im Raum Kašperské Hory-Hartmanice auf und schließen somit direkt nördlich an die Vererzungen im Falkensteinmassiv nördlich von Zwiesel an. Die bei der Prospektion auf tschechischer Seite gefundenen stratiformen Scheelitvererzungen in Kalksilikatfelshorizonten konnten in Bayern vermutlich aufgrund der etwas tieferen stratigraphischen Position nicht gefunden werden.

Wichtig ist die Beobachtung, daß die Ausdehnung der Vererzungszone nicht von der Verbreitung der Granitoidintrusionen und der damit in Verbindung stehenden Migmatisierung abhängig ist. An einigen Stellen ist sogar zu beobachten, daß die magmatischen Gänge jünger als die Vererzung sind. Die Gold- und Wolframvererzungen sind auf eine retrograde Scherzone beschränkt, die beim Abklingen der amphibolitfaziellen Metamorphose und gleichzeitiger Heraushebung des Moldanubikums entstanden ist.

Das Golderzrevier von Kašperské Hory (früher Bergreichenstein) ist die wichtigste Lagerstätte der metallogenetischen Zone des Böhmerwaldes. Sie liegt unweit des Grenzkammes zu Bayern am Kontakt zwischen der Bunten Serie und der Monotonen Serie des Moldanubikums. Die Nebengesteine der Goldvererzungen bestehen überwiegend aus Biotit-Sillimanit-Gneisen und migmatischen Gneisen der Monotonen Serie und aus Quarziten, Kalksilikatfelsen, Amphiboliten und Marmoren der Bunten Serie. Die Gesteine weisen allgemein eine flachliegende Schieferung auf und sind von schieferungsparallelen tektonischen Zerscherungen betroffen. Die geologischen Untersuchungen wurden von MORÁVEK & PUNČOCHÁŘ (1983), PUNČOCHÁŘ & MORÁVEK (1984) und von PUNČOCHÁŘ et al. (1989) dokumentiert.

Es können zwei Typen von Vererzungen unterschieden werden:

- Gold-Quarz-Gänge und -Lagen.** Bei diesem Vererzungstyp handelt es sich um unregelmäßig ausgebildete, linsige Erzkörper mit einer Mächtigkeit von bis zu 30 m. Typische Minerale dieser Vererzung sind Scheelit und Sulfide, wie Pyrit und Arsenopyrit, die jedoch mengenmäßig untergeordnet sind. Akzessorisch treten gediegen Bismut, Maldonit, Bismuthinit und Bismuttelluride auf. Der überwiegende Teil des Goldes ist sehr feinkörnig, es zeigt einen hohen Feinheitsgrad von 950. Die Goldgehalte im Erz erreichen selten mehr als 50 g/t, im Durchschnitt konnten 6–10 g/t gefunden werden. Der geschätzte Goldinhalt aller Vererzungen dieses Typs innerhalb des Moldanubikums beträgt ca. 100 t.
- Scheelitvererzungen.** Sie sind an mafische Gesteine gebunden und treten in mehreren Meter mächtigen Zonen auf. Die Wolframgehalte können bis zu einige Gew.-% erreichen, der Durchschnitt beträgt 1 Gew.-%. Die Goldgehalte liegen bei dieser Vererzung meist im Bereich von weniger als 1 g/t.

Beide Arten von Vererzung treten in räumlicher Überlappung auf, ihre Entstehung wird auf Mobilisationsvorgänge während der Metamorphose zurückgeführt. Die ursprünglichen Metallgehalte waren dabei an eine vulkanosedimentäre Abfolge gebunden. Die Fixierung von Wolfram erfolgte aufgrund einer geochemischen Falle in Horizonten nahe den Ca-reichen Karbonat- und Kalksilikatlagen, die Gold-Quarz-Vererzung wird tektonisch kontrolliert.

### Metallogenetische Zone des Blanice-Grabens

Der Blanice-Graben stellt eine N-S verlaufende tektonische Zone im östlichen Teil des Moldanubikums dar. Die typischen Vererzungen weisen eine silberführende, polymetallische Vererzung mit Gold in Form von Elektrum auf. Die wichtigste Goldlagerstätte des Blanice-Grabens ist Roudný bei Vlašim im nördlichen Teil der Grabenstruktur. Roudný zählte im 20. Jh. zu den größten Goldbergwerken Europas mit einer Gesamtproduktion von ca. 6 t (ŠUSTA 1922; KOUTEK & URBAN 1966). Die Nebengesteine der Lagerstätte sind Biotit-Sillimanit-Gneise mit unterschiedlich starken Übergängen zu Migmatiten und einem starken Lagenbau. Die Gneise werden von Graniten durchdrungen. Die Nebengesteine sind im Kontakt zur Vererzung stark tektonisiert und hydrothermal alteriert.

Die stockförmige Vererzung von Roudný ist in der Regel mehrere Meter mächtig (max. 20 m) und liegt am Kreuzungspunkt von zwei Störungen, die in N-S und E-W-Richtung verlaufen. Die Vererzung weist eine polyphase Entwicklung auf: In den älteren Phasen wurde die As-Au-Vererzung gebildet, die jüngeren Phasen deuten auf eine niedriger temperierte polymetallische Vererzung hin. Gold tritt zusammen mit Imprägnationen von feinkörnigem Arsenopyrit in einer brekziösen quarzigen Gangart auf. Das überwiegend sehr feinkörnige Gold dieser Lagerstätte liegt meist als Elektrum mit Silbergehalten von über 35 Gew.-% vor. Die Goldgehalte im Erz betragen durchschnittlich 10 ppm, in Reicherzonen steigen sie auf über 1000 ppm.

### 3.2.2. Moldanubikum in Bayern

Die meisten Goldvererzungen im Oberpfälzer Wald und im Bayerischen Wald treten in Gesteinen des Moldanubikums auf. Obwohl viele Gemeinsamkeiten mit den böhmischen Lagerstätten erkennbar sind, weisen die Lagerstätten auch charakteristische Unterschiede zu letzteren auf. Auffällig ist bei allen Goldvorkommen, daß keine offensichtliche Bindung an Quarzgänge oder Quarzlagen besteht, sondern in den meisten Fällen imprägnative und stark durch metamorphe Vorgänge überprägte Vererzungen in den hochmetamorphen Gneisen zu vermuten sind. Auch die für Böhmen typischen Wolfram-, Tellur- und Molybdän-Gehalte wurden in Bayern bisher nirgends gefunden. Gold tritt überwiegend als gediegenes Metall auf. Die wichtigsten Erzminerale sind neben gediegenem Gold Arsenopyrit und Löllingit, gediegen Bismut und Maldonit, sowie ein bislang unbenanntes Gold-Bismut-Sulfid. Als Nebengesteine der Vererzung sind Cordierit-Sillimanit-Paragneise der Monotonen Gruppe des Moldanubikums bekannt. Es ist keine Bindung an Störungssysteme und keine Alteration der Nebengesteine bekannt, so daß eine synmetamorphe Bildung bzw. intensive Überprägung und Equilibrierung der Vererzung anzunehmen ist.

In diesem Band werden die Goldvererzungen im Moldanubikum von LEHRBERGER, MARTINEK & LEHRBERGER, FEHR et al., HARTL et al. und KOCH et al. beschrieben, daher soll an dieser Stelle nicht näher darauf eingegangen werden.

### 3.2.3. Münchberger Gneismasse

In Bayern treten im Bohemikum der Münchberger Gneismasse, einem hochmetamorphen Deckenkomplex an der Grenze des Frankenwaldes zum Fichtelgebirge, in Amphiboliten und Hornblendegneisen metamorphe Quarzgänge und Quarzlinsen auf, die Kupfer- und Eisensulfide zusammen mit Gold, Tellur- und Bismutmineralen beinhalten (GRÜNER et al., dieser Band).

## 4. Altersverteilung der Vererzungen

Innerhalb der Böhmischen Masse sind im Laufe der Erdgeschichte verschiedene metallogenetische Perioden unterscheidbar. In diesen Perioden wurden bestimmte Formen von Goldvererzungen durch Zufuhr von Metallen oder durch Mobilisierung und Umlagerung eines vorhandenen Stoffbestandes gebildet:

- Oberproterozoische vulkanosedimentäre Gesteinskomplexe der Jílové-Zone des Bohemikums mit einem Alter von 700 bis 570 Millionen Jahren weisen insgesamt einen relativ hohen Goldgehalt auf. Die Mittelwerte der unterschiedlichen Gesteine schwanken von 2 bis 15 ppb (Milligramm pro Tonne). Diese Gesteine stellen wahrscheinlich die primäre Quelle von Gold im oberen Teil der Kruste der Böhmischen Masse in Mittelböhmen dar. Einen ähnlichen Vorgang postuliert GRÜNER (1990) für die Metabasite des Bohemikums der Münchberger Gneismasse. In der Regel blieb das Gold feinverteilt im Gestein, die Gehalte in stratiformen submarin-exhalativen Lagerstätten sind niedrig (bis zu 1 g/t) und auch in Buntmetallerzen finden sich nur geringe Goldgehalte.
- Die altpaläozoische Metallogenese vor 570 bis 480 Millionen Jahren (Kambrium/Ordovizium) ist durch stratiforme Sulfidlagerstätten gekennzeichnet, die mit einem submarinen Vulkanismus in Verbindung stehen. In diesen Erzen ist die Verteilung von Gold ähnlich derjenigen in den oberproterozoischen Lagerstätten, d. h. es ist überwiegend mit Buntmetallen, v. a. Kupfer, vergesellschaftet.
- Die variszische Metallogenese vor 360 bis 300 Millionen Jahren stellt die Hauptphase der Entstehung der Goldlagerstätten der Böhmischen Masse dar.

In Verbindung mit einem initialen Rifting im Devon und der damit verbundenen submarin-vulkanisch-exhalativen Aktivität kann die Bildung von stratiformen Buntmetall-Lagerstätten mit geringen Goldgehalten betrachtet werden. Diese Lagerstätten sind im Saxothuringikum und im nördlichen Randbereich der Böhmischen Masse im Sudetikum verbreitet. Wirtschaftlich interessante Goldgehalte sind mit tektonischen Schwächezonen oder Zementationsprozessen verbunden.

Die wichtigsten variszischen Goldlagerstätten sind Gold-Quarz-Vererzungen in Form von Gängen oder Erzstöcken, die im zentralen Teil der Böhmischen Masse am Kontakt zwischen Moldanubikum und Bohemikum sowie im Moldanubikum auftreten. Der geologische Rahmen dieser Vererzungen ist durch intensive Anatexis, metamorphe Prozesse sowie Granitintrusionen gekennzeichnet. In altvariszischen Lagerstätten dieses Typs mit einem Alter von 360 bis 320 Millionen Jahren weist das Gold einen hohen Feingehalt auf, oft treten Arsen und Wolfram und untergeordnet Bismut, Molybdän und Tellur auf. Im Verlauf der variszischen Orogenese und Hochtemperatur-Metamorphose kam es auch zur Überprägung und Equilibrierung von stratiformen As-Au-Bi-Vererzungen im Moldanubikum im südwestlichen Randbereich der Böhmischen Masse.

In spätvariszischen Lagerstätten (ca. 300 Millionen Jahre) findet sich häufig silberreiches Gold bis hin zu Elektrum, an einigen Stellen in Böhmen und in Bayern treten auch Gold- und Antimonvererzungen auf.

## 5. Genetische Modelle der primären Goldvererzungen

Die zahlreichen und vielfältig strukturierten Goldvererzungen in der Böhmischen Masse wurden durch verschiedenste Prozesse im Laufe der orogenen Entwicklung dieses Gebietes gebildet. Die wesentlichen genetischen Modelle sind nachfolgend zusammengestellt. Häufig ist ein komplexes Zusammenwirken der verschiedenen Einzelmodelle bei der Lagerstättengenese anzunehmen.

- a) Das *submarin-exhalative Modell* erklärt die Goldzufuhr im Zusammenhang mit den syngenetischen, im wesentlichen stratiformen Buntmetallsulfid-Lagerstätten in vulkanosedimentären Gesteinsfolgen des Oberproterozoikums, Kambro-Ordoviziums und Devon-Unterkarbons. Die Goldanreicherung könnte durch nachfolgende Mobilisierung im Rahmen metamorpher und/oder tektonischer Prozesse und erneute Abscheidung oder durch Zementationsprozesse in oberflächennahen Lagerstätten erfolgt sein.
- b) Das *Porphyry-Modell* kann derzeit nur auf die Lagerstätte von Petráčková hora bei Vacíkov angewandt werden, die in einer kambroordovizischen vulkano-sedimentären Einheit des Bohemikums liegt. Diese Lagerstätte ist geochemisch durch das Auftreten einer Au-Ag-Bi-Cu-Mo-W-Assoziation charakterisiert und ist räumlich an eine porphyrische Granodioritintrusion gebunden. Die genetische Interpretation der Lagerstätte beruht auf Sauerstoff- und Schwefelisotopenuntersuchungen, Fluiduntersuchungen, sowie petrographischen und tektonischen Auswertungen (ZACHARIÁŠ et al. 1995). Die Daten lassen eine Bildung bei hohen Temperaturen von 570 bis 450 °C erkennen.
- c) Das *metamorph-hydrothermale/metamorph-plutonische Modell* bezieht sich auf Gold-Quarz-Vererzungen mit hohem Feingehalt des Goldes und es ist durch eine Elementassoziation von Au-As-Bi-Mo-Te-W charakterisiert. Lagerstätten dieses Typs treten bevorzugt in einer Grüngesteins-Granit-Umgebung auf, wie sie typischerweise in der Mittelböhmischen Zone auftritt. Außerdem kennt man derartige Vererzungen in hochgradig metamorphen vulkano-sedimentären Gesteinsfolgen im Moldanubikum i.e.S. Die Herkunft des

Goldes wird vorwiegend in oberproterozoischen oder paläozoischen Vulkani-ten angenommen. Die Goldmobilisation wird im wesentlichen auf Konvektionssysteme zurückgeführt, die durch die Wärmezufuhr in Verbindung mit der Intrusion der frühvariszischen Granitoide und/oder der Anatexis der Aus-gangsgesteine in der Mittelböhmischen Zone oder regional metamorphen Pro-zessen, v.a. im Moldanubikum und im Silesikum, gesehen wird (MORÁVEK & POUBA 1987). Petrographische Untersuchungen, Sauerstoffisotopenanalysen und mikrothermometrische Untersuchungen an Flüssigkeitseinschlüssen legen eine metamorphe Entstehung der Fluide und eine Kristallisation bei relativ hohen Temperaturen von 500–250 °C nahe.

Die Vererzungen entstanden während der Metamorphose, beginnend mit dem Höhepunkt der magmatisch-intrusiven Tätigkeit vor 360 bis 320 Millionen Jahren. Geländeuntersuchungen haben ergeben, daß einige spätvariszische Magmatite jünger als die Goldvererzungen dieses Typs sind.

Neben dieser Kontrolle durch das Auftreten der variszischen Magmatite ist im lokalen Rahmen meist eine Bindung der Vererzung an tektonische Elemente zu erkennen. Der Charakter derartiger Gold-Quarz-Vererzungen erinnert sehr an Vererzungen in Grüngesteins-Granit-Gürteln archaischen Alters.

Eine Variante dieses Modells stellt die metamorphe Bildung von reinen As-Au-Bi-Vererzungen am SW-Rand der Böhmisches Masse dar. Dabei wurden im Rah-men der variszischen Hochtemperaturmetamorphose stratiforme Vererzungen in heutigen Cordierit-Sillimanit-Gneisen bei hohen Temperaturen von bis über 600 °C kleinräumig umgelagert und equilibriert. Dabei entstanden schwefelarme Paragenesen mit Löllingit und Maldonit, die im weiteren Verlauf partiell sulifidiert wurden. Die Vererzungen sind nur in Ausnahmefällen an metamorphe Quarzmobilisate gebunden, in der Regel tritt eine Imprägnation mit schieferungs-paralleler Anreicherung von Arsenmineralen auf (LEHRBERGER et al. 1990; LEHRBERGER, dieser Band).

- d) Das rein hydrothermale Modell für die Entstehung von goldführenden Quarzlagerstätten umfaßt überwiegend Vererzungen mit niedrigem Feingehalt des Goldes und gangförmige oder stockwerkartige Gold-Antimon-Lagerstätten. Diese Vererzungen sind vorwiegend in Südböhmen bekannt, weisen aber Ähnlichkeiten mit den goldführenden Scherzonen-Vererzungen im Französischen Zentralmassiv auf. Dieser Vererzungstyp wurde durch mehrphasige Stoffzu-fuhr und Umverteilung von Gold gebildet. Dabei tritt auch eine Veränderung der Morphologie und der chemischen Zusammensetzung des Goldes auf. Das Gold wird zunehmend grobkörniger und silberreicher, wie es andernortes auch von BONNEMaison & MARCOUX (1987) beobachtet wurde. Die Übergänge der chemischen Zusammensetzung der späteren Mineralisationsphasen von Gold, über Gold-Silber-(Kupfer-Blei-Zink-) bis hin zu Antimon-Gold-Vererzungen bezeugen das Absinken der Temperatur von ursprünglich 400–300 °C, über eine mittlere Phase mit 250–190 °C bis zur finalen Phase mit 210–130 °C. Diese Zonierung mit allen Phasen ist allerdings eher selten ausgebildet.

Das Auftreten der Vererzungen wird sowohl regional als auch im lokalen Maßstab durch tektonische Strukturen kontrolliert. Die Lagerstätten wurden in spät-variszischer Zeit von 315 bis 285 Millionen Jahren gebildet (CATHELINEAU et al.

1990) in metamorph konsolidierten und/oder von Magmatiten intrudierten zentralen Anteilen des Variszischen Orogens. Die Metalle stammen vermutlich z. T. aus prävariszisch gebildetem Gestein mit Anteilen von Mantelgesteinen, die vor allem die hohen Antimongehalte liefern könnten.

## 6. Sekundäre Goldvorkommen (Seifengoldlagerstätten)

Die sedimentären Lagerstätten und Vorkommen werden von exogenen geologischen Prozessen und der dadurch bedingten Oberflächenabtragung primärer goldführender Lagerstätten bestimmt. Sie sind im wesentlichen an Sedimentkörpern permokarbonen bis quartären Alters im Umfeld bekannter primärer Lagerstätten gebunden. Seifengold tritt in vielfältigen Typen von Lagerstätten unterschiedlichsten Alters auf. Die Klassifikation der sekundären Goldvorkommen mit den wichtigsten Lokalitäten in Böhmen und Bayern ist aus Tabelle 2 zu entnehmen.

### 6.1. Böhmisches Seifenlagerstätten

In geringem Umfang tritt Seifengold in kambrischen detritischen Sedimenten in der Umgebung von Příbram und wahrscheinlich in ähnlichen Gesteinen im westlichen Teil des Smrčiny-Gebirges auf.

Ausgedehnte sekundäre Anreicherungen von Gold sind in permokarbonen Sedimenten des Westböhmischen Beckens bei Křivce und Manětíň entwickelt (KLOMÍNSKÝ et al. 1983). In geringerem Umfang treten derartige Seifen auch im Riesengebirge (Krkonoše) und im Innersudetischen Becken bei Trutnov auf.

Die stärkste sekundäre Goldanreicherung tritt in detritischen Sedimenten im Zusammenhang mit der tertiären Heraushebung der Böhmisches Masse auf. Die Fluss- oder Terrassenschotter-Lagerstätten in einigen Teilen Mittelböhmens (Klínec) und Südböhmens (České Budějovice-Becken) sind jungtertiären oder quartären Alters. Die größten Scifenlagerstätten bilden quartäre Schotter von Bächen und Flüssen hauptsächlich im Gebiet des Böhmerwaldes und seines nördlichen Abhanges (z. B. Otava), in Mittelböhmen (Moldau, Sázava, Blanice) und in Nordmähren (Opava, Olešnice). Die fluvioglazialen Sedimente des nordöstlichen Teils des Jeseníky-Gebirges zeigen nennenswerte Goldanreicherungen in der Umgebung von Zlaté Hory.

### 6.2. Bayerische Seifenlagerstätten

Die sekundären Goldvorkommen im Bayerischen Teil der Böhmisches Masse liegen alle in Schottern kretazischen bis quartären Alters, die in Böhmen häufigen permokarbonischen Seifen konnten bisher nicht nachgewiesen werden.

Die Goldvorkommen bei Erbendorf/Albenreuth sind nach neueren Untersuchungen als Paläoseifen in den kreidezeitlichen Konglomeraten des „Albenreuther Schotters“ zu verstehen (STETTNER 1992: 82; LEHRBERGER 1996a: 48). Das Gold dürfte aus heute bereits vollständig erodierten Goldvorkommen des Fichtelgebirges oder des Steinwaldgebietes stammen.

*Tabelle 2: Klassifikation der sekundären Goldvererzungen  
in Böhmen und Bayern*

Hauptgruppen	Typen	Geologischer Rahmen	Begleitminerale	Typlokalitäten
I Paläoseifen in verfestigten Sedimenten (Proterozoikum bis Tertiär)	I-1 Prävariskische Seifen	Moldanubische Quarzite, Silikatgesteine  Altpaläozoische Quarzite und Konglomerate	Magnetit, Ilmenit, und andere	Moldanubikum des Böhmischi-Mährischen Hochlandes  Kambrium des Brdy-Hochlandes, evtl. Neualbenreuth und Goldkronach
	I-2 Permo-karbonische Seifen	Konglomerate, Sandsteine, Arkosen (tiefere Klastite sedimentärer Zyklen)	Granat, Ilmenit, Rutil, Zirkon, Eisenoxide und -hydroxide, Pyrit, Baryt	Perm- und Karbon- Becken von West- und Zentralböhmen (Křivce u.a.)
	I-3 Kreidezeitliche Seifen	Tiefere Konglomerate des marinen Cenomans	Pyrit, U-Zr-Minerale, Granat, Kassiterit	Nordböhmische Kreidemulde  Erbendorf, Albenreuther Schotter
	I-4 Tertiäre Seifen	Sandsteine des südlichen Böhmischen Beckens	Kassiterit, Ilmenit, Rutil u.a.	Südliches Böhmisches Massiv (Mydlovary)  Böhmischi-Mährisches Hochland Tittling, Bayer. Wald
II Seifen in Locker-sedimenten (meist Quartär, teilweise Tertiär)	II-1 Alluviale und eluviale Seifen	Alluviale, eluviale und pro-aluviale Sedimente nahe den primären Lagerstätten	Oxide und Hydroxide, Fe, Arsenopyrit, sekundäre As-Minerale u.a.	Mokrsko, Voltyřov Zwiesel, Perlesreut Haidmühle, Oberviechtach Neualbenreuth
	II-2 Seifen in Verbindung mit Transport und Wiedersedimentation			
	a) Seifen in alluvialen und Terrassensedimenten	Ungradierte fluviatile Sedimente, Kiesterrassen	Magnetit, Ilmenit, Rutil, Titanit, Hornblende etc., Granat	Flüsse in Zentral- und Südböhmen (Sázava, Otava-Modlešovice u.a.)  Jeseníky-Gebirge  Flüsse im Bayerischen und Oberpfälzer Wald (Regen, Ilz Naab) und die Donau im Vorland
	b) Seifen in Seesedimenten	Sandsteine	Kassiterit, Ilmenit, Rutil, u.a.	Südliche Becken Böhmens (Mydlovary)
	c) Seifen in glazigenen oder periglazialen Ablagerungen	Glaziale und fluvio-glaziale Lockergesteine	Staurolith, Epidot, Granat, Zirkon, Rutil, Limonit, Pyrit	Zlate Hory Rachel- und Falkensteinengebiet im Bayerischen u. Böhmerwald

In einer grabenartigen Tertiärsenke östlich von Tittling im Bayerischen Wald treten goldführende Schotter mit einigen Metern Mächtigkeit auf. Die einem Paläoflußlauf der heutigen Ilz zuzuordnenden Seifen sind auf die primären Goldvorkommen im Moldanubikum des bayerisch-böhmischen Grenzkammes zu beziehen (KOCH et al., dieser Band).

Für die Goldführung der Donauschotter kommen als Quellen neben den diversen primären Goldvorkommen der Oberpfalz und des Bayerischen Waldes auch alpine Lagerstätten in Frage.

## 7. Literatur

- AICHLER, J., FOJT, B., CHÁB, J., KVAČEK, M., NOVOTNÝ, P., OREL, P. & VANĚČEK, M. (1990): Gold-bearing mineralization at the locality Suchá Rudná in the Jeseníky Mts. – Sbor. geol. Věd., Lož. geol., mineral., Vyd. ÚG Praha, 79107, Prag.
- ALBRECHTOVÁ, E. (1984): Šlíchová prospekce – Severní Morava Závěrečná zpráva – [Bachsedimentprospektion in Nord-Mähren]. – o. S., Zlaté Hory, Praha (MS Unigeo u. Geofond).
- BONNEMaison, M. & MARCOUX, F. (1987): Les zones de cisailement aurifères du socle hercynien français. – Chron. Rech. Min., **488**: 29–42, Orleans.
- CATHELINEAU, M., BOIRON, M.C., HOLLIGER, P., PORY, B. (1990): Metallogenesis in the French part of the Variscan orogen. Part II: Time-space relationships between U, Au and Sn-W ore deposition and geodynamic events – mineralogical and U-Pb data. – Tectonophysics, **177**: 59–79, Amsterdam.
- CLIFF, D.C. & MORÁVEK, P. (1995): The Mokrsko gold deposit, Central Bohemia, Czech Republic. – In: PAŠAVA, J., KRÍBEK, B. & ZÁK, K. [eds.]: Mineral deposits, Proc. 3rd Biennial SGA Meeting, Prague, 28–31 August 1995, 105–108, Rotterdam/Brookfield (Balkema).
- DILL, H. G. (1985): Die Vererzung am Westrand der Böhmischen Masse – Metallogenese in einer ensialischen Orogenzone. – Geol. Jb., **D 73**: 3–461, Hannover.
- EBERT, C. & KERN, H. (1985): Morphologische Eigenschaften des Seifengoldes aus dem Gevattergraben (Frankenwald) und ihre Bedeutung für die Goldprospektion. – Fortschr. Mineral., **63**, Beih. 1: 52, Stuttgart.
- GRÜNER, F. (1990): Zur Genese der Goldvererzungen in den Amphiboliten der Hangendserie der Münchberger Gneismasse, NE-Bayern. – Diss. TU München, 259 S., Garching.
- JUHAS, J., PANOVSKÝ, K. & TOMŠÍK, J. (1986): The Cu, Pb, Zn ( $\pm$  Au, Ag) deposit Zlaté Hory-West. – Sbor. Geol. Průzk. Ostrava, **31**, X: 17–69, Ostrava.
- KLOMINSKY, J., JIRANEK, J., MALEC, J., NOVÁK, F., ODEHNAL, L. & VESELOVSKY, F. (1983): Zlatnosnost kontinentálního permokarbonu Českého masívu [Gold in the continental Permo-Carboniferous of the Bohemian Massif]. – Sbor. geol. Věd., Lož. geol. mineral., **25**: 111–186, Praha.
- KOUTEK, J. & URBAN, K. (1966): Roudný. Opuštěné ložisko Au-rud [Roudný, eine verlassene Goldlagerstätte]. – Exkurzní průvodce 17. sjezdu ČSMG: 26–36, Praha.
- LEHRBERGER, G. (1995): The gold deposits of Europe. An overview of the possible metal sources for prehistoric gold objects. – In: MORTEANI, G. & NORTHOVER, P. [eds.]: Prehistoric gold in Europe. – NATO ASI Ser., **E 280**: 115–144, Dordrecht (Kluwer).
- LEHRBERGER, G. (1996a): Goldlagerstätten und historischer Goldbergbau in Bayern. – In: Gold im Herzen Europas. Kat. z. Ausstellung. Schr.-R. Bergb. Ind.-Mus. Ostbayern, **34**: 17–63, Theuern.
- LEHRBERGER, G. (1996b): Die Goldreviere Böhmens – mehr als Glanz vergangener Zeiten. – In: Gold im Herzen Europas. Kat. z. Ausstellung. Schr.-R. Bergb. Ind.-Mus. Ostbayern, **34**: 73–88, Theuern.

- LEHRBERGER, G., PREINFALK, C., MORTEANI, G. & LAHUSEN, L. (1990): Stratiforme Au-As-Bi-Vererzung in Cordierit-Sillimanit-Gneisen des Moldanubikums bei Oberviechtach-Unterlangau, Oberpfälzer Wald (NE-Bayern). – *Geologica Bavarica*, **95**: 133–176, München.
- LEHRBERGER, G., FRIDRICH, J., GEBHARD, R. & HRALA, J. [Hrsg.] (1997): Das prähistorische Gold in Bayern, Böhmen und Mähren. Herkunft – Technologie – Funde. – *Památky Archeologické*, Suppl., **7**: 552 S., Prag (Akad. Wiss.).
- MORÁVEK, P. (1964): Geologické a ložiskové poměry severní části jílovského revíru [Geologische und lagerstättenkundliche Verhältnisse im Nordteil des Jílové-Reviers]. – *Sbor. geol. Věd, ložisk. Geol.*, **3**: 109–180, Praha.
- MORÁVEK, P. (1971): Ložiskové poměry a mineralizace jílovského zlatonosného revíru [Lagerstättenkundliche Verhältnisse und Mineralisation des Goldreviers von Jílové]. – *Sbor. geol. Věd, ložisk. Geol.*, **13**: 170 S., Praha.
- MORÁVEK, P. (1981): Nové ložisko zlatonosných rud masového typu Psí hory [Neue Massenlagerstätte vom Typ Psí Hory]. – *Geol. Průzk.*, **23**, 5: 131–134, Praha.
- MORÁVEK, P. (1983): Mokrsko – nové ložisko zlatonosných rud ve středním Povltaví [Mokrsko eine neue Golderzlagerstätte im mittleren Moldaugebiet]. – *Geol. Průzk.*, **25**, 11: 305–308, Praha.
- MORÁVEK, P. (1984): Ložisková problematika nového zlatonosného revíru Čelina-Mokrsko (Psí hory) [Lagerstättenkundliche Problematik des neuen Goldreviers Čelina-Mokrsko (Psí Hory)]. – *Sbor. symp. Hornická Příbram* ve vědě a techn., Sekce Geol., mineral. a geochem. lož. drahých kovů Au a Ag: 239–256, Příbram.
- MORÁVEK, P. (1990): Metallogenic map of gold in the Bohemian Massif (Czechoslovak Part). Scale 1:500 000, Praha.
- MORÁVEK, P. (1995): Gold metallogeny of Central and Western European Variscides. – In: PAŠAVA, J., KŘÍBEK, B. & ZÁK, K. [eds.]: *Mineral deposits: From their origin to their environmental impacts*. – Proc. 3rd Biennial SGA Meeting, 6770, Rotterdam-Brookfield (Balkema).
- MORÁVEK, P. [ed.] (1996): *Gold deposits of Bohemia*. – 96 S., Prag (Czech Geol. Surv.).
- MORÁVEK, P. et al. (Autorenkollektiv, 1992): *Zlato v Českém masívu – Gold in the Bohemian Massif*. – 245 S., Praha (Czech Geol. Surv.).
- MORÁVEK, P., JANATKA, J., PERTOLDOVÁ, J., STRAKA, E., DURISOVÁ, J. & PUDILOVÁ, M. (1989): The Mokrsko gold deposit – the largest gold deposit in the Bohemian Massif, Czechoslovakia. – *Econ. Geol., Monograph*, **6**: 252–259, El Paso.
- MORÁVEK, P. & POUBA, Z. (1987): Precambrian and phanerozoic history of gold mineralization in the Bohemian Massif. – *Econ. Geol.*, **82**: 2098–2114, El Paso.
- MORÁVEK, P. & PUNČOCHÁŘ, M. (1983): Nový perspektivní typ metamorfogenní Au-W mineralizace v Kašpersko-horském revíru [Neue Perspektiven des Typs der metamorphen Au-W-Vererzung von Kašperské Hory]. – *Geol. Průzk.*, **25**, 7: 193–196, Praha.
- PUNČOCHÁŘ, M. & MORÁVEK, P. (1984): Metamorfogenní Au mineralizace v Kašperskohorském revíru [Metamorphe Goldvererzungen im Revier von Kašperské Hory]. – *Sbor. symp. Hornická Příbram* ve vědě a techn., Sekce Geol., 137–150, Příbram.
- PUNČOCHÁŘ, M. et al. (Autorenkollektiv, 1989): Český masív – ověřování prognóz Au. Dlší úkol: Kašperské Hory-Suchý vrch [Böhmisches Masse – Überprüfung der Goldprognosen. Teil-aufgabe Kašperské Hory-Suchý vrch]. – o. S., Praha (MS Geofond).
- RUS, V. & BUBNÍKOVÁ, O. (1980): Economically prospective Sb-mineralizations in the Bohemian Massif. – In: ILAVSKÝ, J. [ed.]: *Antimony ore mineralizations of Czechoslovakia*, 21–30, Bratislava (Dionyz Stúr Inst. Geol.).
- RUS, V., KRÁLÍK, M. et al. 1984: Krásnohorsko. Souborná závěrečná zpráva [Gebiet von Krásná Hora. Zusammenfassender Endbericht]. – o. S., Praha (MS Geofond).

- STETTNER, G. (1992): Geologie im Umfeld der Kontinentalen Tiefbohrung Oberpfalz. Einführung und Exkursionen. – 240 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- ŠUSTA, V. (1922): Zlatodůl Roudný [Goldbergwerk Roudný]. – Knih. St. geol. Úst. Čs. Republ., **4**: 1–32, Praha.
- TENČÍK, I. et al. (Autorenkollektiv, 1970): Stopové a vzácné prvky- Česko-moravská vrchovina. Závěrečná zpráva [Spurenelemente und Seltene Elemente von Böhmischem-Mährischen Bergland. Endbericht]. – o. S., Praha (MS Geofond).
- TENČÍK, I. et al. (Autorenkollektiv, 1982): Šlichová prospekce jz. části Českého masívu [Waschprospektion im südwestlichen Teil der Böhmischem Masse]. – o. S., Praha (MS Geofond).
- URBAN, H. & VACHÉ, R. (1972): Die Kupfererzlagerstätten von Kupferberg-Wirsberg (Oberfranken) im Lichte neuer Aufschlüsse. – Geologica Bavarica, **65**: 74–106, München.
- ZACHARIÁŠ, J., PERTOLD, I., PUDILOVÁ, M. (1995): Porphyry Au-mineralization in the Bohemian Massif: its magmatic and hydrothermal evolution. – In: PAŠAVA et al. (Autorenkollektiv) [eds.]: Mineral deposits: from their origin to their environmental impacts. – 211–214, Rotterdam (Balkema).

Manuskript bei der Redaktion eingegangen am 24. 6. 1997.

# Methodik der Schwermineraluntersuchung von primären und sekundären Goldvorkommen im nordostbayerischen Grundgebirge

Von GERHARD LEHRBERGER

Mit 5 Abbildungen

## Kurzfassung

Die Untersuchung von Schwermineralkonzentraten stellt die wichtigste Methode dar, um die Verbreitung von Gold und anderen lagersättigend interessanten Schwermineralen in größeren Gebieten schnell und kostengünstig zu erfassen. Die Methode wurde im Rahmen verschiedener in diesem Band vorgestellter Arbeiten auch zur Untersuchung von Boden- und Gesteinsproben aus Schürfen und Kernbohrungen mit Erfolg angewandt. Dieser Beitrag stellt die Methode stellvertretend vor, um regelmäßige Wiederholungen in den einzelnen Beiträgen zu vermeiden.

Das Verfahren besteht aus den drei Abschnitten a) Probenahme und Herstellung von Vorkonzentraten im Gelände, b) gravitative Aufbereitung im Labor und c) mineralogische Analyse. Die Schwermineralanalyse ermöglicht eine semiquantitative Bewertung des Mineralspektrums und der -verteilung und liefert zugleich Informationen über die Korngrößen und die Aggregats- und Verwachsungsformen der einzelnen Minerale. Anhand des „Nuggeteffekts“ werden die Vorteile der Schwermineraluntersuchung gegenüber der geochemischen Analyse von goldführenden Proben erläutert.

Bei der Probenahme werden etwa 20 kg Material der Korngrößenfraktion < 2 mm entnommen. Noch im Gelände kann ein Vorkonzentrat durch Waschen mit einer handelsüblichen Goldwaschpfanne erzeugt werden. Das Vorkonzentrat wird im Labor durch weitere Schwermineralanreicherung zu einem wenige Gramm schweren Endkonzentrat verarbeitet. Die Anreicherungsfaktoren gegenüber der Ausgangsprobe betragen hierbei 10 000 bis 100 000 und ermöglichen selbst den Nachweis geringster Goldmengen.

Die mineralogische Untersuchung erfolgt mit dem Stereomikroskop, wobei neben Gold und anderen Wertmineralen auch Artefakte identifiziert werden können. Das Rasterelektronenmikroskop mit gekoppelter energiedispersiver Röntgenanalytik wird zur Kornformanalyse der Goldkörner und zur mikroanalytischen Untersuchung der Mineralkörper eingesetzt.

## Abstract

Heavy mineral analysis is the most adequate method for the study of the regional distribution of gold and other minerals of economic interest. This method was applied in northeastern Bavaria in several investigations, which are presented in the papers of this volume. This paper describes the procedure in general to avoid a repeated description in each of the papers. Heavy mineral analysis was not only applied to the common stream sediment samples, but a modified method was also used for the study of rock and soil samples from exploration trenches and drill cores.

The applied procedure consists of three major steps: a) sampling and preconcentration of samples in the field, b) further gravitational treatment of preconcentrates in the laboratory, and c) mineralogical investigation including microanalysis. The systematic sampling allows a semi-quantitative evaluation of the mineral occurrences and yields information of the grain size, form of aggregates and intergrowth, as well. The advantages of heavy mineral investigations over only geochemical analysis of gold-bearing samples are clearly pointed out by discussing the so-called "nugget effect".

The first step of sampling consists of sieving approx. 20 kg of material smaller than 2 mm which is then treated with a common heavy mineral pan to produce a preconcentrate of 300–500 g. This first concentrate is then further reduced in weight by panning with smaller pans down to a few grams. This enrichment by a factor of 10 000 to 100 000 allows to identify even lowest gold contents.

The mineralogical investigation uses the binocular microscope, which allows to identify not only gold and other ore minerals, but also artefacts, which can be important hints for former mining activities or contamination by human activities. The grain shape of gold and the composition of gold and other minerals can be determined in the scanning electron microscope with an attached X-ray microanalytical spectrometer.

Thus, heavy mineral investigations proved to be a powerful tool, if the budget of projects is relatively low. The information about the distribution of minerals of economic interest and about their grain shape and composition allows to trace the minerals back from placers to their primary sources.

## Inhalt

1. Einleitung .....	34
2. Allgemeine Problematik der Probenahme und Analytik .....	35
2.1. Der „Nuggeteffekt“ als Störfaktor .....	35
2.2. Der Problemfall Bachsedimentgeochemie .....	35
3. Schwermineralprospektion .....	35
3.1. Bachsedimentproben .....	36
3.2. Schwermineralkonzentrate aus Bohrkernen und Gesteinsproben .....	40
3.3. Schwermineralkonzentrate aus Bodenproben .....	41
4. Mikroanalytik .....	41
5. Kornformanalysen von Goldkörnern .....	41
6. Literatur .....	43

## 1. Einleitung

Ein großer Teil der Beiträge dieses Bandes hat sich aus Diplomarbeiten am Lehrstuhl für Angewandte Mineralogie und Geochemie der TU München entwickelt. Bei diesen Arbeiten wurden jeweils dieselben Methoden angewendet. Um eine wiederholte Darstellung der Methoden bei den Einzelbeiträgen zu vermeiden, werden sie hier zusammengefaßt erläutert. Das Schema der Bearbeitung entspricht im wesentlichen einem Verfahren, das im Rahmen der Prospektionskampagnen der Firma PREUSSAG unter Leitung von Dr. LUTZ LAHUSEN in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Angewandte Mineralogie und Geochemie der TU München entwickelt und optimiert wurde. Die Bearbeitung der Proben im Rahmen der nicht firmengebundenen Diplomarbeiten war von fehlender finanzieller Unterstützung geprägt. Somit konnte in vielen Fällen nicht auf die teuren kommerziellen Analysenverfahren zurückgegriffen werden, sondern es mußten die bewährten mikroskopischen und mikroanalytischen Verfahren zur Untersuchung der Vorkommen herangezogen werden. Die hier vorgestellte Methodik zeigt, daß auch mit herkömmlichen mineralogischen Methoden die Verbreitung und die Entstehung von Goldvorkommen sehr effizient untersucht werden kann.

## 2. Allgemeine Problematik der Probenahme und Analytik

### 2.1. Der „Nuggeteffekt“ als Störfaktor

Gold tritt in der Regel als gediegenes Metall auf und ist eher unregelmäßig in Gesteinen in Form von Mineralkörnchen verteilt. Dadurch tritt bei der Probenahme für die geochemische Analytik bei Proben mit geringen Gehalten des jeweiligen Elements oder Minerals häufig der sog. „Nuggeteffekt“ auf. Bei der Annahme, daß in einer Probe der üblichen Größe von ca. 20 kg (bei Bodenproben entsprechend weniger) nur 5 bis 10 Goldpartikel enthalten sind, davon aber nur 200–250 g, d. h. 1/100 bis 1/80 zur Analyse verwendet werden können, treten bei der Proben teilung selbst bei sorgfältigster Handhabung Fehler in der Verteilung der Goldkörner auf. Dazu kommt noch der Effekt, daß die einzelnen Körner eine unterschiedliche Größe und damit Masse aufweisen können. Es wird zwangsläufig zahlreiche Proben geben, in denen kein Goldkorn enthalten ist. Andere können dagegen sogar zwei oder mehrere Goldkörner enthalten. Bei Begleitelementen von Goldvererzungen wie Arsen tritt der Nuggeteffekt nicht auf, da diese Elemente meist in feiner und gleichmäßiger Verteilung in viel größerer Menge als Gold im Gestein vorliegen. Sie können daher repräsentativ auf einzelne Teilproben verteilt werden und sind für die geochemische Prospektion als Pfadfinderelemente für Goldvererzungen gut zu verwenden. Den Nugget-Effekt kann man dadurch vermeiden, daß möglichst große Proben entnommen werden, und der darin enthaltene Goldgehalt in einem Schwermineralkonzentrat angereichert und dann das gesamte Konzentrat analysiert wird.

### 2.2. Der Problemfall Bachsedimentgeochemie

In den Arbeitsgebieten mit Firmenkonzessionen wurden z.T. ergänzend zur Schwermineraluntersuchung systematische Analysen von Bachsedimentproben durchgeführt. Dabei zeigte sich, daß die Ergebnisse beider Methoden große Differenzen aufweisen. Diese Beobachtung ist eindeutig auf den erläuterten „Nuggeteffekt“ zurückzuführen.

Das weitverbreitete Fehlen der Sulfide aufgrund der intensiven oxidativen Verwitterung führt zur Freisetzung der Begleitelemente der Goldvererzung. Die Begleitelemente des Goldes wie As und Bi sind sehr mobil und werden mit den wässrigen Lösungen abgeführt, so daß eine geochemische Bachsedimentprospektion auf diese Elemente bei der Suche nach Goldvorkommen auch nur begrenzt eingesetzt werden kann.

## 3. Schwermineralprospektion

Die Schwermineralprospektion ist die wichtigste Methode zur schnellen und kostengünstigen Auswertung des Vererzungspotentials einer Gegend oder einer einzelnen Lokalität. Im Idealfall können Wertmineralgehalte in Sedimenten nachgewiesen werden und flußaufwärts bis zum Ausbiß der primären Vererzung verfolgt werden. Dazu werden die Schwerminerale mit einem spezifischen Gewicht  $> 3 \text{ g/cm}^3$  aus dem Sediment abgetrennt und untersucht. Die wesentlichen Vorteile der Schwermineralprospektion sind überzeugend. Die Auswertung einer geringen

Anzahl von Proben ermöglicht bereits qualitative und semiquantitative Aussagen über weite Einzugsgebiete.

Diese Methode war bereits in der Antike bekannt und wird ab dem Mittelalter auch als „Schlichprospektion“ bezeichnet. Weltweit ist sie auch heute noch die meist verbreitete Methode zur Aufsuchung von Vorkommen und Lagerstätten der Edelmetalle. Die Schwermineralanalyse ist die zentrale Methode bei den meisten in diesem Band vorgestellten Untersuchungen. Die zunächst etwas „veraltet“ anmutende Methode hat den entscheidenden Vorteil, daß der Goldnachweis oder der Nachweis typischer Begleitminerale oder anderer Wertminerale durch optische und mikroanalytische Bestimmung direkt im Gelände ohne aufwendige apparative Ausstattung erfolgen kann. Zusätzlich können bei weiteren Laboruntersuchungen Informationen über die Korngröße, die Kornform und die Mineralverwachsungen gewonnen werden.

### 3.1. Bachsedimentproben

Die Entnahme von Bachsedimentproben erfolgt im Nordostbayerischen Grundgebirge meist aus kleinen Flüssen oder Bächen, deren Sedimentfracht gering ist. Die Proben müssen daher über einen mehrere Meter langen Abschnitt verteilt gesammelt werden und stellen einen repräsentativen Querschnitt der unterschiedlichen Ablagerungsbereiche dar. Bei den kleineren Flüssen wurde stets darauf geachtet, daß die Proben an den stromaufwärtigen Gleithängen der Kiesbänke entnommen wurden. Bei felsigem Untergrund begünstigen kolkartige Auswaschungen im Flußbett die Voranreicherung von Schwermineralen und diese Stellen eignen sich daher ebenfalls bestens zur Probenahme.

Die Methodik der Schwermineralgewinnung und Untersuchung basiert auf einer grundlegenden Darstellung von OSSENKOPF et al. (1979), wurde aber durch die Erfahrungen der Mitglieder der Arbeitsgruppe an der TUM ständig modifiziert und optimiert. Sie besteht im wesentlichen aus den drei Schritten a) Probenahme und Herstellung eines Vorkonzentrates im Gelände, b) gravitative Weiterverarbeitung im Labor und c) mineralogische und mikroanalytische Untersuchung. Die folgenden Ausführungen beruhen im wesentlichen auf den Arbeiten von PREINFALK (1986), IRBER (1992) und MARTINEK (1994). Die Verarbeitung der Proben für die Schwermineralanalyse ist schematisch in Abb. 1 dargestellt.

Die Probenmenge beträgt je nach Ton- und Grobkornanteil zwischen 50 und 150 kg. Das Bachsediment wird nach der Entnahme mit einer Handfederwaage gewogen. Erfahrungsgemäß ist es zur Erkennung von Anomalien ausreichend, Sedimente mit einem Korndurchmesser von weniger als 2 mm zu untersuchen. Größere Goldkörner konnten zwar gelegentlich gefunden werden, daneben finden sich aber in diesen Proben auch zahlreiche kleinere Körner zur Bestätigung der erhöhten Goldführung. Man kann daher das grobkörnige Gold bei der systematischen Prospektion vernachlässigen. Das beim Sieben zugeführte Wasser entfernt den Tonanteil der Probe teilweise. Die gesiebte Probe umfaßt das Volumen eines handelsüblichen 10-Liter-Baueimers und wiegt zwischen 18 und 22 kg. Aus dem Verhältnis der ungesiebten Ausgangsmenge und des Unterkorns des Siebvorganges läßt sich ein Anreicherungsfaktor berechnen, der für die spätere Beurteilung von Anomalien von Bedeutung ist.

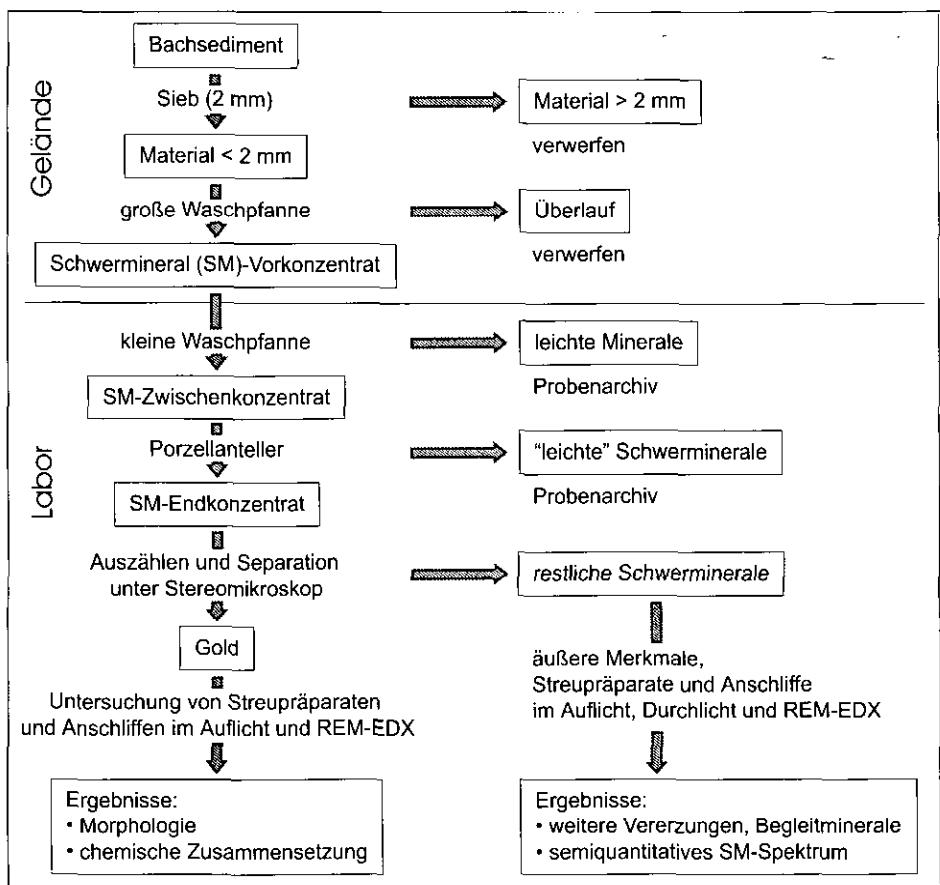


Abb. 1. Schematisierter Ablauf der Probenahme und Aufbereitung von Proben für die Schwermineralanalyse (nach: MARTINEK 1994: 19).

Das gesiebte Sediment wird im Gelände mit Hilfe einer Schwermineralwaschpfanne zu einem Vorkonzentrat mit einem Gewicht von ca. 300–500 g reduziert. Zur Herstellung der Schwermineralkonzentrate haben sich die aus Kunststoff bestehenden Waschpfannen der Firma Estwing mit einem Durchmesser von 41 cm bestens bewährt. Diese Waschpfannen weisen am Übergang vom Boden zur Wandung einen deutlichen Absatz auf, der zusammen mit Querriffeln an der Wandung das feinkörnige Gold mit großer Sicherheit zurückhält. Abb. 2 zeigt die beim beschriebenen Verfahren verwendeten Geräte zur Schwermineralabtrennung. Dabei wird zunächst die Tontrübe weiter abgeschlämmt, danach werden durch Schütteln die Schwerminerale am Boden der Waschpfanne abgesetzt. Die leichten Minerale, im wesentlichen Quarz und Glimmer, werden durch ruckartiges Ziehen der Waschpfanne unter Wasser von den Schwermineralen getrennt und mit dem Wasserstrom aus der Waschpfanne gespült. Der Waschvorgang ist spätestens dann abgeschlossen, wenn nur noch der dunkle Schwermineralanteil, der sog. „Black Sand“, vorhanden ist (Abb. 3). Den Hauptanteil daran haben im Bearbeitungsgebiet die Minerale Ilmenit und Granat.

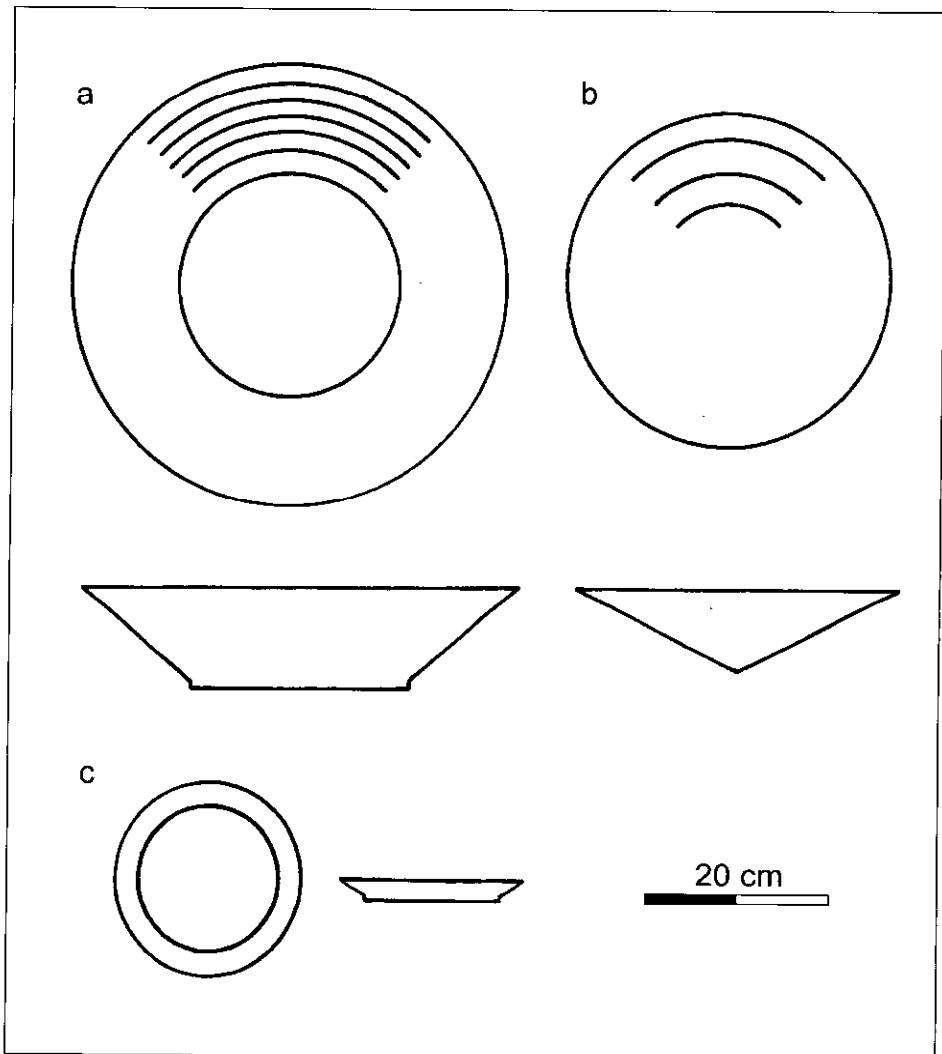


Abb. 2. Verschiedene Typen von Waschpfannen zur Schwermineralanreicherung in Aufsicht und Querschnitt (nach: PREINFALK 1986: 143). a = Große Kunststoffpfanne (Fa. Estwing) zur Herstellung von Vorkonzentraten im Gelände. b = „Chinesenhut“-Kunststoffpfanne zur Herstellung von Zwischenkonzentraten unter Laborbedingungen. c = Porzellanteller mit geknicktem Rand zur Herstellung des Endkonzentrates und mikroskopischen Bemusterung.

Das Vorkonzentrat wird dann im Labor in einem geschlossenen Kreislauf weiterbearbeitet und zunächst einer weiteren gravitativen Anreicherung in einer kleinen, mit feineren Rippen versehenen Waschpfanne unterzogen.

Für den nächsten Schritt wird ein Porzellanteller verwendet, der zwischen Tellerboden und Tellerrand einen deutlichen Knick besitzt. Das mit der kleinen Waschpfanne hergestellte Zwischenkonzentrat kann damit zu einem weniger als 1 Gramm wiegenden Konzentrat der schwersten Minerale reduziert werden. Durch vorsichtiges Schütteln des Tellers unter Wasser bei gleichzeitigem Neigen werden die Körner aufgefächert (Abb. 4). Dabei ordnen sich die Schwerminerale entsprechend ihrer Dichte zonar um das Gold an, das selbst im Knick des Tellers liegen bleibt. Der Mineralfächter wird getrocknet, optisch bemustert und anschließend unter dem Stereomikroskop per Hand ausgelesen. Diese Methode besticht sowohl durch Einfachheit als auch durch Zuverlässigkeit.

Im Verlauf der Probenaufbereitung einer etwa 85 kg schweren, ungesiebten Rohprobe bis hin zum Schwermineral-Endkonzentrat auf einem Porzellanteller mit einem Gewicht von 200–300 mg tritt eine Anreicherung um das 300 000- bis 400 000fache auf. Da außerdem noch Goldkörner mit einer Korngröße von unter 0,1 mm sicher gewonnen werden können, liegt die Nachweisgrenze mit 1/1000 ppb (!) weit unter den modernsten instrumentell-analytischen Verfahren. Durch mehrfaches Bearbeiten eines Konzentrates lässt sich auch die Zuverlässigkeit der Methode überprüfen.



Abb. 3. Herstellung des Vorkonzentrates mit der Goldwaschpfanne im Gelände zur Reduktion der Probenmenge von ca. 20 kg auf 300–500 g Schwerminerale.



Abb. 4. Aufgefächertes Schwermineral-Endkonzentrat zur mikroskopischen Bemusterung.  
Durchmesser des Porzellantellers ca. 20 cm.

Bei der mikroskopischen Bemusterung können die Wertminerale gut identifiziert und separiert werden. Sie stehen dann als Kornseparate für weitere Untersuchungen zur Verfügung. Die routinemäßige Kontrolle der Schwermineralkonzentrate mit einer kurzweligen UV-Lampe ermöglicht die Identifikation von Scheelit und anderen fluoreszierenden Mineralen bei etwa 25facher Vergrößerung.

Zur Separation magnetischer Minerale oder Artefakte kann ein gewöhnlicher Handmagnet oder ein Magnetscheider verwendet werden. Dieser Schritt empfiehlt sich besonders bei magnetitreichen Seifen oder zur Abschätzung des Verhältnisses von Ilmenit zu Magnetit. Die Gold- und anderen Wertminerkörper aus den Konzentraten werden für die morphologische und mikroanalytische Untersuchung im Rasterelektronenmikroskop verwendet.

### 3.2. Schwermineralkonzentrate aus Bohrkernen und Gesteinsproben

Für die chemische Analyse von Festgesteinen können nur relativ geringe Probenmengen verwendet werden. Größere und damit repräsentativere Proben können bei der Herstellung von Schwermineralkonzentraten verarbeitet werden. Die Aufbereitung erfolgt im wesentlichen durch Zerkleinern zunächst mit einem Hammer und anschließend im Backenbrecher in mehreren Stufen, bis ein Gut mit einer Korngröße von maximal 3 mm vorliegt. Bei dieser Zerkleinerung wird ein Teil der im Gestein vorhandenen Schwerminerale mechanisch freigesetzt.

Aus dem derart erzeugten sandigen Material kann – wie für die Bachsedimentproben unter Punkt 3.1. beschrieben – in mehreren Schritten ein Schwermineralkonzentrat hergestellt werden. Daraus lassen sich Erz- oder Wertminerale sowie das Gold mechanisch unter dem Mikroskop separieren. Diese Mineralkörper sind von großer Wichtigkeit, da es sich dabei um die primäre Erzparagenese handelt. Aus den Schwermineralkonzentraten können im Labor Streupräparate für die Politur und das Studium unter Auflicht hergestellt werden.

### **3.3. Schwermineralkonzentrate aus Bodenproben**

Ähnlich wie die Bachsedimente lassen sich Proben von tiefgründig verwitterten Gesteinen behandeln. Das grusig verwitterte Gestein oder die Bodenprobe braucht nur geringfügig zerkleinert werden und wird dann wieder der gravitativen Mineraltrennung in mehreren Schritten unterzogen. Hieraus lassen sich wieder Rückschlüsse auf die Zusammensetzung der primären Vererzung und die Morphologie der Mineralkörper ziehen.

## **4. Mikroanalytik**

In vielen Fällen ist eine eindeutige optische Identifizierung der winzigen Mineralkörper in den Streupräparaten auf dem Porzellanteller nicht möglich. Daher wird zur Kontrolle die energiedispersive Röntgenanalyse verwendet, die mit dem Rasterelektronenmikroskop gekoppelt ist. Ist eine quantitative Analyse erforderlich, so müssen die Mineralkörper zuerst in Kunstharz eingebettet und hochglänzend poliert werden, um eine exakte Geometrie des Strahlenganges in der Apparatur zu gewährleisten. Durch diese Methode lassen sich auch Artefakte identifizieren, die in Siedlungsgebieten häufig in den Schwermineralkonzentraten auftreten.

Bei der Untersuchung der Goldkörper hilft die Mikroanalytik vor allem, die Silbergehalte quantitativ zu ermitteln. Auch hier werden zur genaueren Analyse polierte Anschliffpräparate angefertigt. In diesen können durch Meßprofile Zonierungen oder Inhomogenitäten nachgewiesen werden.

An wenigen Körnern konnten auch Reste der ehemaligen Verwachsungen mit Legierungen oder Sulfidmineralen gefunden werden und somit Rückschlüsse auf die ursprüngliche Mineralassoziation gezogen werden.

## **5. Kornformanalysen von Goldkörpern**

Gold gehört zu den duktilsten Metallen und daher werden Goldkörper in der Natur bereits nach kurzem Transport deformiert. Ein ursprünglich gezacktes, unregelmäßig begrenztes Goldkorn verliert im Verlauf des Transportes an Kontur, die Kanten werden gerundet und durch die mechanische Einwirkung größerer und härterer Gerölle werden Goldkörper zunehmend abgeflacht (Abb. 5). Wie YEEND (1975) durch Abrasionsexperimente zeigen konnte, lässt sich keine einfache

Beziehung zwischen der Transportweite und dem Grad der Deformation ableiten. Einerseits steht dem die ursprüngliche Varianz der Kornformen des Goldes entgegen, andererseits hängt die Verformung vor allem von der Transportgeschwindigkeit und damit von der Energie des Flußsystems sowie von der Korngröße des umgebenden Sediments ab.

Ein flacher, langsam strömender Fluß wird somit die Goldkörner weiter transportieren müssen, als ein schnell strömender Gebirgsbach, um denselben Deformationsgrad zu erzielen. Allgemein lässt sich aber in einem bekannten System doch eine deutliche Zunahme der Deformation im km-Bereich feststellen. Vergleiche zwischen zwei unterschiedlichen Flußsystemen sind entsprechend ungenau. Die hier meist angewandte Kombination der Untersuchungen an Goldkörnern aus Boden- oder Bohrkernproben und solchen aus Bachsedimenten konnte die Deformationsprozesse im Vergleich beispielhaft belegen.

Im Laufe der zahlreichen Untersuchungen hat sich ebenfalls herausgestellt, daß bestimmte „Leitformen“ unter den Seifengoldkörnern auftreten, die Aufschluß geben über die primäre Vererzung. Ein besonders eindeutiges Beispiel sind Goldkörner mit einer porösen Oberfläche und einem schwammartigen Internbau, die sich eindeutig einer ehemaligen myrmekitischen Gold-Bismut-Verwachsung zuordnen lassen.

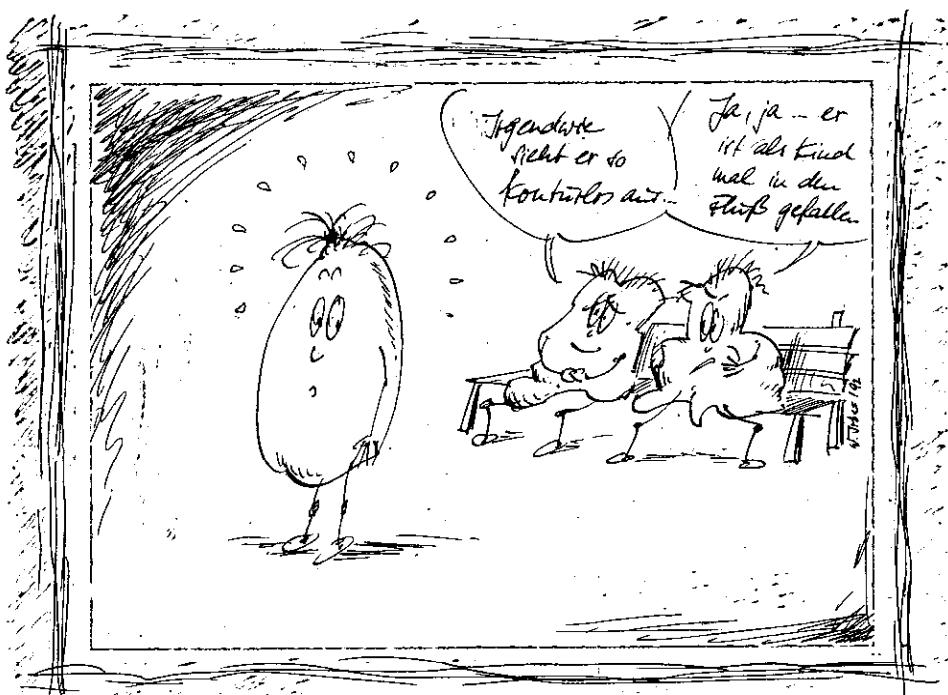


Abb. 5. Schicksal von Goldkörnern beim Flußtransport. – Grafik: W. IRBER.

## 6. Literatur

- IRBER, W. (1992): Das Golderzrevier von Goldkronach-Brandholz im Fichtelgebirge – Petrographie, Tektonik und lagerstättenkundliche Untersuchung mit der Entwicklung eines neuen Genesemodells. – Unveröff. Dipl.-Arb., TU München, 232 S., Garching.
- LEHRBERGER, G. (1996): Goldlagerstätten und historischer Goldbergbau in Bayern. – In: Gold im Herzen Europas. Kat. z. Ausstellung, Schr.-R. Bergb. Ind.-Mus. Ostbayern, **34**: 17–63, Theuern.
- MARTINEK, K.-P. (1994): Mineralogisch-lagerstättenkundliche Untersuchungen an den Goldvorkommen zwischen Zwiesel und Bayerisch-Eisenstein, Bayerischer Wald. – Unveröff. Dipl.-Arb., TU München, 142 S., Garching.
- OSSENKOPF, P., ERBE, C. & ZURLO, P. (1979): Methodische Ergebnisse von Schlichprospektionen. – Z. angew. Geol., **25**, 11: 522–527, Halle.
- PREINFALK, C. (1986): Geologisch-petrographische und geochemisch-lagerstättenkundliche Untersuchungen zwischen Schönsee und dem Murachtal im Oberpfälzer Wald sowie im Bayerischen Wald. – Unveröff. Dipl.-Arb., TU München, 214 S., Garching.
- YEEND, W. (1975): Experimental abrasion of detrital gold. – J. Res., U.S. Geol. Surv, **3**, 2: 203–212, Washington.

Manuskript bei der Redaktion eingegangen am 24. 6. 1997.

# Die Goldvererzungen in den Amphiboliten der Hangendserie der Münchberger Gneismasse, Oberfranken

Von FRIEDRICH GRÜNER, THOMAS HATZL und GIULIO MORTEANI

Mit 17 Abbildungen und 3 Tabellen

## Kurzfassung

Durch geschichtliche Quellen sind der Abbau von Seifengold und die Suche nach primären Goldvorkommen seit der frühen Neuzeit in der Münchberger Gneismasse überliefert worden. Bei Prospektionsarbeiten der 70er und 80er Jahre wurden kleinräumige Goldvorkommen in der Hangendserie der Münchberger Gneismasse bei Plösen und Ahornberg lokalisiert. Goldgehalte bis 20 ppm und Freigold wurde in stark chloritisierter, sulfidvererzten Amphiboliten und in durch Mobilisation entstandenen Quarzknauren gefunden. Die Haupterzminerale sind Pyrit, Chalkopyrit und Bornit. Selten konnten auch Hessit ( $\text{Ag}_2\text{Te}$ ), Petzit ( $\text{Ag}_3\text{AuTe}_2$ ), Tetradymit ( $\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{S}$ ), Wittichenit ( $\text{Cu}_3\text{BiS}_3$ ), Coloradoit ( $\text{HgTe}$ ) und Melonit ( $\text{NiTe}_2$ ) gefunden werden. Als Oxidationsprodukte treten Limonit, Covellin und Minerale der Digenitgruppe auf.

Mikrothermometrische Untersuchungen an Flüssigkeitseinschlüssen im Quarz der erzführenden, synmetamorphen Quarzlinsen lassen mehrere Lösungssysteme unterschiedlicher Salinität und Zusammensetzung erkennen. Seltene hochsalinare  $\text{CaCl}_2$ -betonte Einschlüsse mit hoher Dichte werden als Relikte einer retrograden, amphibolitfaziellen Metamorphose interpretiert. Die große Anzahl der Einschlüsse weist eine geringere und stark wechselnde Salinität auf, was auf den späten Zutritt niedrig salinärer Lösungen schließen lässt.

Die Vergesellschaftung von Gold mit Tellurmineralen und das Auftreten einer späten niedrig-salinaren fluiden Phase lässt auf eine Vererzungstemperatur unterhalb 354 °C und damit auf eine Goldabscheidung unter retrograd grünschieferfaziellen Metamorphosebedingungen schließen.

## Abstract

Ancient gold mining of alluvial and primary gold deposits in the Münchberg Gneiss Massif is known since the middle ages. It is regarded as an inverted pile of nappes of crystalline rocks overlying a weakly metamorphosed Paleozoic sequence of Thuringian lithofacies in the Frankenwald area (Oberfranken). Different nappe units are distinguished with increasing metamorphic grade from bottom to top. The uppermost unit, the so called "Hangendserie", is a sequence of metabasic rocks including various types of amphibolites, eclogites, banded hornblende gneisses, paragneisses and subordinate intercalations of calc-silicate rocks and marbles. The underlying "Liegendserie" and the "Randamphibolitserie", predominantly appearing at the southwest and eastern margin of the central gneiss core, are characterized by amphibolite-facies metamorphism. The "Liegendserie" contains medium pressure metamorphosed paragneisses, stratiform orthogneisses, grandiorites and rocks of gabbroic composition while the "Randamphibolitserie" is composed of metabasic rocks, predominantly amphibolites. The following tectonic unit from top to bottom, the "Prasinit-Phyllit-Serie" exhibits mineral assemblages of greenschist facies metamorphism. The lowermost nappe unit of the Münchberg nappe pile is a weakly metamorphosed, Paleozoic sequence of sedimentary rocks in Bavarian lithofacies.

Recent gold prospection beginning in the 1970's showed some small gold occurrences in the "Hangendserie" of the Münchberg Gneiss Massif near the localities Plösen and Ahornberg. Geochemical analysis yielded gold contents up to 20 g/t in chloritized, sulfide-bearing amphibolitic

---

Anchriften der Verfasser: Dr. FRIEDRICH GRÜNER, Hindenburgstr. 4, D-72108 Rottenburg; Dr. THOMAS HATZL, Ohlmüllerstr. 14, D-81541 München; Prof. Dr.-Ing. GIULIO MORTEANI, Lehrstuhl für Angewandte Mineralogie und Geochemie, Technische Universität München, D-85747 Garching.

rocks and quartz segregates. Gold has not been found in the other nappe units of the Gneiss Massif.

In amphibolitic rocks native gold occurs with chalcopyrite, predominantly along small fractures in pyrite porphyroblasts. The gold particles have only low silver contents. In synmetamorphic quartz lenses, up to 50 cm in width, gold occurs with pyrite, chalcopyrite and bornite, in paragenesis with bismuth and tellurium-bearing minerals like hessite ( $\text{Ag}_2\text{Te}$ ), petzite ( $\text{Ag}_3\text{AuTe}_2$ ), tetradyomite ( $\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{S}$ ), wittichenite ( $\text{Cu}_3\text{BiS}_3$ ), coloradoite ( $\text{HgTe}$ ) and melonite ( $\text{NiTe}_2$ ). Native gold in these quartz lenses has significantly higher silver content than gold in the amphibolitic rocks. Most of the sulfides (predominantly pyrite and chalcopyrite) are oxidized to limonite, covellite and minerals of the digenite group.

Microthermometric studies on fluid inclusions in quartz from these synmetamorphic quartz lenses revealed a wide range in homogenization temperatures between 160 °C to 350 °C for two-phase inclusions. The salinity of the fluids varies from low salinity up to approximately 28 wt% NaCl equivalent. Only a few inclusions contain three phases at room temperature. First-melting temperatures indicate the presence of other salts than NaCl, probably dominantly  $\text{CaCl}_2$ . A group of inclusions with higher density and salinity is interpreted as relics trapped during retrograde amphibolitic metamorphism. Most of the inclusions give evidence for an intense phase of shearing and deformation (e.g. necking down), extensive mixing of different brines, and secondary processes during cooling and uplift of the "Hangendserie".

The results of the fluid inclusion investigation and the presence of gold and tellurides in the ore paragenesis give evidence for a late ore precipitation under greenschist metamorphic conditions.

## Inhalt

1.	Geologischer Überblick . . . . .	46
2.	Die Goldvorkommen in der Hangendserie der Münchberger Gneismasse . . . . .	49
3.	Das Seifengold der Bäche . . . . .	51
4.	Die primären Goldvererzungen . . . . .	54
5.	Mikrothermometrische Untersuchungen an Flüssigkeitseinschlüssen . . . . .	59
6.	Geochemie der Nebengesteine . . . . .	64
7.	Schlußfolgerungen . . . . .	66
8.	Literatur . . . . .	70

## 1. Geologischer Überblick

Die Münchberger Gneismasse (MM) liegt nahe dem Westrand der Böhmischen Masse im Rahmen des saxothuringischen Frankenwälder Paläozoikums (Abb. 2). Sie nimmt den höheren Abschnitt eines Deckenstapels ein, in welchem die einzelnen Decken hinsichtlich des Metamorphosegrades invers übereinander liegen. Die MM überlagert eine Grünschieferheit sowie anchimetamorphe altpaläozoische Deckenabschnitte der Bayrischen Faziesreihe, welche ihrerseits auf autochthonem, überwiegend der Thüringischen Faziesreihe angehörendem Paläozoikum liegen (WURM 1961; GANDL 1992).

Schon GÜMBEL (1861) erkannte die Probleme im strukturellen Aufbau und der Herkunft der kristallinen Gesteinsserien. Sie werden bis heute kontrovers diskutiert. Autochthonistische Entstehungsmodelle diapirartiger Aufpressungen wurden von GÜMBEL (1861), KRAUS (1951), v. GAERTNER (1951), WURM (1961), SCHWAN

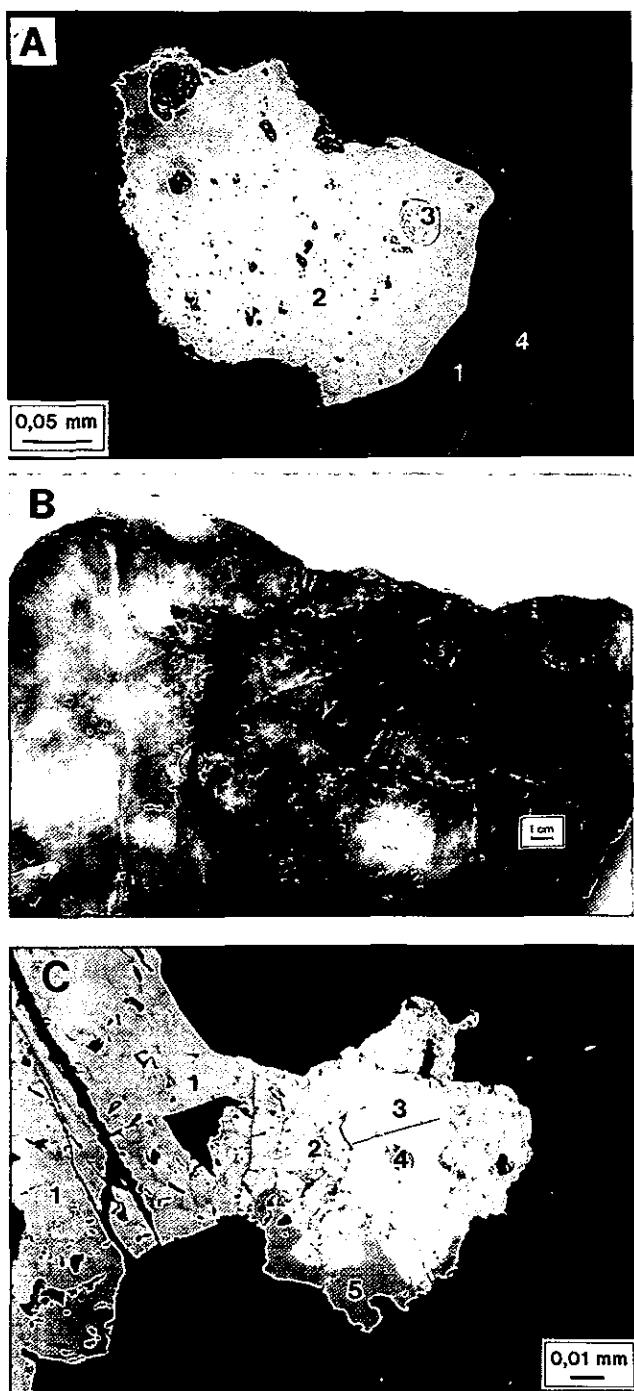


Abb. 1. Goldführende Mineralparagenesen von den Lokalitäten Ahornberg und Plösen.

A = Bornit (1), Chalkopyrit (2), Gold (3), Digenit (4). Ahornberg, Probe 2632.

B = Quarzesstein mit Netzgranateinschlüssen, Limonit, goldführend. Ahornberg, Probe 2632.  
C = Chalkopyrit (1), Tetradymit (2), Gold (3), Hessit (4), Wittichenit (5). Goldberggrund bei  
Plösen, Kernbohrung 5836/4, Teufe 90,60 m, Probe 2740-3.

(1974) und KREBS & WACHENDORF (1973) entworfen. Hingegen deuteten SUESS (1912), KOSSMAT (1927) und WURM (1928) die MM als allochthone, kristalline Deckeneinheiten. Auf der Grundlage neuer geophysikalischer Erkundungen (BORTFELD 1988) und geologischer Arbeiten (z.B. BEHR et al. 1982, 1984; FRANKE 1984, 1989; VOLLMER ET AL. 1989) wird die MM erneut als allochthoner Deckenstapel interpretiert. Ein differenzierteres Bild der Entstehung entwickelt STETTNER (1992, 1993).

Für die oberdevonisch-unterkarbonischen Schichten im unteren Abschnitt des Deckenstapels wird von GANDL (1992) eine Deckennatur verneint. Acritarchenfunde in Phylliten der Prasinit-Phyllit-Serie legen für diese oberproterozoisches Alter nahe (Unteres Wendium, REITZ & HÖLL 1988). Im Hangenden der Prasinit-Phyllit-Serie (KRAUS 1954) liegen die sogenannten Randamphibolite mit gelegentlichen geringmächtigen Marmor- und Kalksilikatfelseinschaltungen (STETTNER 1960a).

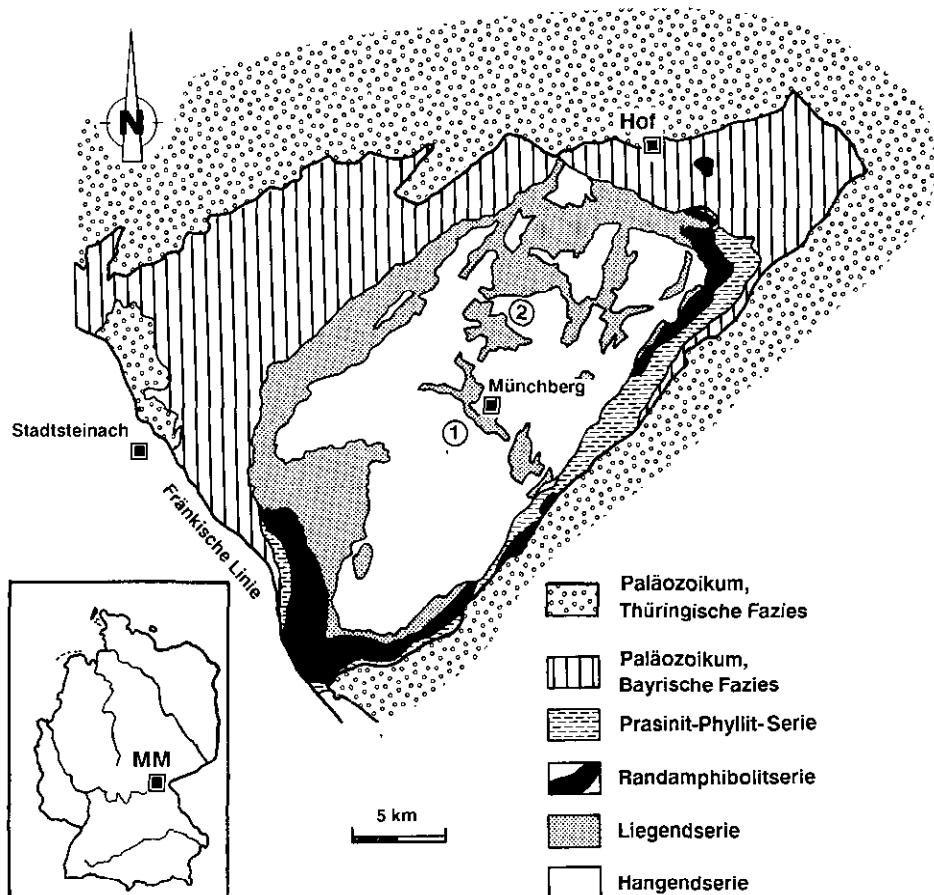


Abb. 2. Geologische Übersichtskarte der Münchberger Gneismasse, zusammengestellt nach EMMERT et al. (1981); Geologische Karte CC 6334, 1 : 200 000 – Bayreuth. – 1 = Goldvorkommen Plösen, 2 = Goldvorkommen Ahornberg, MM = Münchberger Gneismasse.

Die eigentliche Gneismasse wird nach STETTNER (1960 a, b) in die lithologisch bunte Hangendserie und die stofflich eintönigeré Liegendserie gegliedert. Die Hangendserie wird als eine einheitlich vulkanogene Einheit angesehen, mit einem Wechsel von vorwiegend basischen Effusiva und tuffitischen Gesteinen (STETTNER 1992, 1993). Diese liegen heute mit Eklogiten in einer retrograd metamorphen Assoziation als Granatamphibolite, Amphibolite, Epidotamphibolite und Chloritamphibolite im Wechsel mit Hornblendebändernreisen und Muskowit-Albit-Gneisen vor (STETTNER 1960 a, b). Von großer Bedeutung für die Prägungsgeschichte ist die Vielzahl von hochdruckfaziellen Eklogitvorkommen (STETTNER 1960 a, b; FRANZ et al. 1986). KLEMD et al. (1991) konnten zeigen, daß sowohl die Eklogite, wie auch die infolge Verschuppung zwischengeschalteten Gneise einer Hochdruckmetamorphose unterlagen. Einen zusammenfassenden Überblick zur Metamorphoseentwicklung, Geochemie und Altersbestimmungen der zahlreichen Eklogitvorkommen der Hangendserie der MM geben OKRUSCH et al. (1991). Mit Ausnahme dieser Eklogite zeigen die Mineralvergesellschaftungen der metabasischen Gesteine der Hangendserie eine amphibolitfaziale Metamorphose vom Mitteldrucktyp an (BLÜMEL 1985). Isotopische Datierungen von KREUZER et al. (1989) ergaben ca. 380 Ma für den Höhepunkt dieser Metamorphose. Neufunde hochdruckfazieller Granulitvorkommen im Bernecker Gneiskeil der MM (GAYK et al. 1995) deuten, neben den Eklogitvorkommen, auf z.T. große Versenkungstiefen (18 kbar und 1100 °C) der Edukte der Hangendserie hin.

Die Hangendserie hat gegenüber der Liegendserie einen völlig andersartigen lithologischen Charakter und metamorphe Prägung. Sie besteht vorwiegend aus mitteldruckmetamorphen Paragneisen mit stratiform eingelagerten Orthogneisen sowie Intrusiven granodioritischer und gabbroider Gesteine. Diese Unterschiede legen eine tektonische Koppelung mit der Hangendserie in einer späten Phase der Subduktion nahe (STETTNER 1992, 1993). Die Abfolge von Deformationseignissen in der MM wurde an Quarzkorngefügen von VOLLBRECHT (1981) im Detail beschrieben.

## 2. Die Goldvorkommen in der Hangendserie der Münchberger Gneismasse

Im Rahmen von systematischen Prospektionsarbeiten auf Gold der PREUS-SAG AG Metall unter der Leitung von Dr. LUTZ LAHUSEN wurden in Diplomarbeiten zwei Goldvorkommen im Goldberggrund bei Plösen und bei Ahornberg sowie ihr näheres Umfeld (Abb. 3, 4) geologisch aufgenommen (GRÜNER 1986; HATZL 1986). Frühere umfangreiche Prospektionsarbeiten sind von der ESSO Erz vorgenommen worden, deren Ergebnisse unveröffentlicht geblieben sind. DILL (1985) berichtet über diese Goldfunde in der Zentralzone der MM und gibt eine erste genetische Interpretation der Erzparagenese.

Die Geschichte von Bergbauaktivitäten im nördlichen Frankenwald und im angrenzenden Fichtelgebirge läßt sich urkundlich bis weit in das 13. Jh. zurückverfolgen (RAUH & LEHRBERGER, dieser Band). In einer Übersicht der

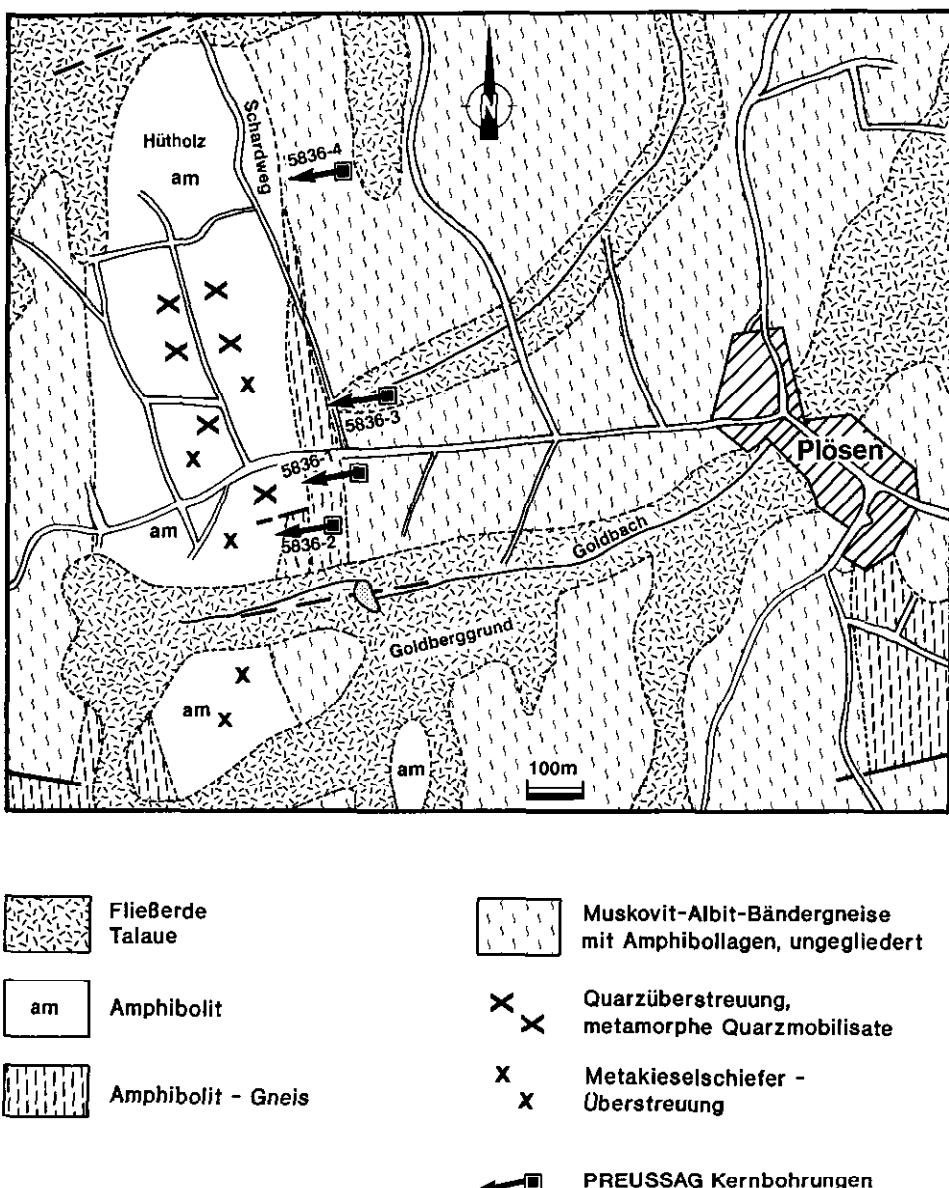


Abb. 3. Geologische Detailkarte des Goldvorkommens von Plösen mit Lage der Aufschlußbohrungen der PREUSSAG AG Metall (nach STETTNER 1960 b und GRÜNER 1990).

alten Erzbergwerke im nordöstlichen Bayern von CHINTA (1983) werden auch mehrere Goldbergwerke bei Münchberg, Ahornberg und Plösen aufgeführt. Zeugnis von der wechselvollen Geschichte des Goldbergbaus in der Münchberger Gneismasse geben die zahlreichen Flurnamen wie z. B. Goldbach und Goldberggrund. Andere Überreste, die auf vergangene, ausgedehnte Bergbauaktivitäten hinweisen können, sind weitgehend verschwunden. In wenigen Fällen können

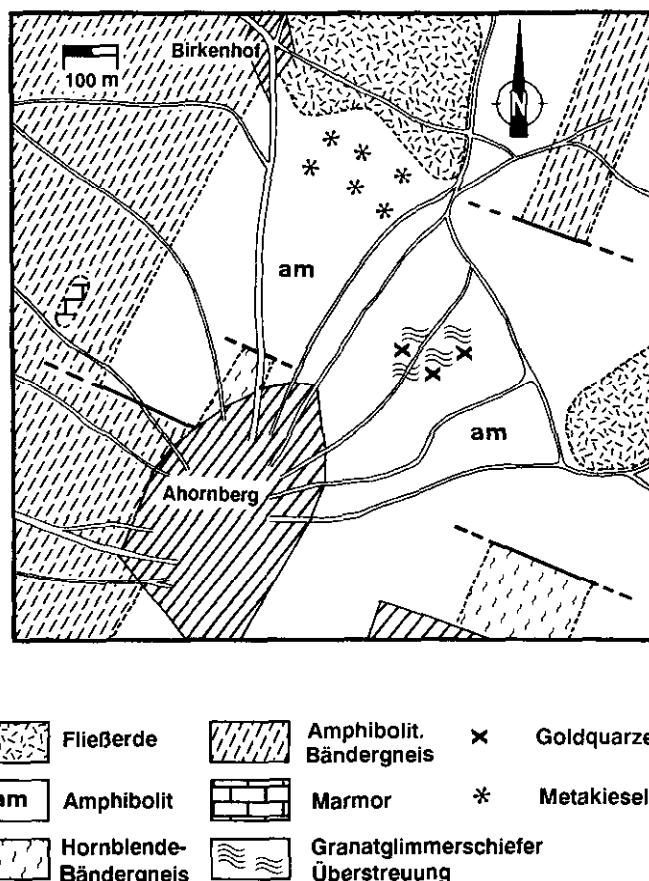


Abb. 4. Geologische Detailkarte des Goldvorkommens von Ahornberg mit Fundort der goldführenden Quarzessteine (nach STETTNER 1970 und HATZL 1986).

noch Geländeformen zum Beleg der alten Überlieferungen herangezogen werden. Am besten sind Zeugnisse alter Bergbauaktivitäten (Pingen, Waschhügel und Dämme) in den Wäldern entlang des Untrebaches bei Konradsreuth erhalten. Neben zahlreichen Erwähnungen verschiedener Autoren sind geschichtliche Aspekte des Goldbergbaus in der MM besonders bei DIETEL (1959, 1963) und SCHUBERTH (1930) beschrieben worden. Ausführlich wird die Geschichte des Goldbergbaus in Oberfranken im Beitrag von RAUH & LEHRBERGER in diesem Band behandelt.

### 3. Das Seifengold der Bäche

Im Zuge der Prospektionsarbeiten wurde die Goldführung der Bäche im Bereich von Plösen und Ahornberg detailliert untersucht. In Proben von je 20–25 kg gesiebten Bachsediments mit einer Korngröße kleiner 3 mm konnten aus dem Goldbach bei Plösen bis zu 56 Goldkörner und aus dem Hammerbach bei

Ahornberg bis zu 55 Goldkörner ausgewaschen werden. Dies ist die höchste in den Bächen der MM gefundene Zahl von Goldkörnern. Die maximale Größe der Goldflitter betrug zwischen 0,05 und 1,5 mm Länge bei einer Breite von 0,03–0,7 mm. Die geochemische Paralleluntersuchung der Bachsedimente im Korngrößenbereich kleiner 0,18 mm lieferte entsprechend die höchsten Au-Gehalte von 500 bis 2000 ppb (HATZL 1986).

Die Form bzw. Morphologie der isolierten Goldkörner ist überwiegend kompakt und gedrungen. Feine Eindrücke und Kerben auf der Oberfläche zeugen von Kollisionen mit anderen, härteren Mineralkörnern im Bachbett. Verwachsungen mit Quarz, Sulfiden (Pyrit und Chalkopyrit), Hellglimmer, Calcit, Limonit und Negativabdrücke von Verwachsungen mit anderen Mineralen, vermutlich Pyrit und Silikate lassen sich häufig nachweisen (Abb. 5).

Mikrosondenanalysen an diesen Goldpartikeln ergaben Feingehalte von ca. 960 bis 1000 (Tab. 1). Im Vergleich zu Goldpartikeln aus dem Primärerz sind die Silbergehalte niedriger, erreichen aber im Durchschnitt noch bis 3 Gew.-% Ag (GRÜNER 1990). Neben Au und Ag konnten keine weiteren Spurenelementgehalte in den Goldpartikeln über 0,2 Gew.-% ermittelt werden.

*Tabelle 1:* Mittlere chemische Zusammensetzung der Goldkörner

Lokalität	Typ	n	$\bar{x}$ Au [Gew.%]	$\bar{x}$ Ag [Gew.%]	$\bar{x}$ Fein- gehalt	Feingehalt Min-Max
Plösen	S	1	95,5	4,3	957	—
Ahornberg	S	11	98,6	1,2	988	970–998
Plösen	pA	47	92,4	6,8	914	893–998
Plösen	pQz	14	86,9	12,5	875	860–912
Ahornberg	pQz	28	85,7	13,6	863	741–942

S = Seifengold, pA = Primärgold aus Amphibolit, pQz = Primärgold aus Quarzmobilisatbildungen, Feingehalt, Au = Au/(Au + Ag) × 1000, n = Anzahl der Messungen,  $\bar{x}$  = Mittelwert

Aus morphologischen Merkmalen und der Zusammensetzung von Seifengold, wie z. B. biogene Anwachssäume und eine starke randliche Einrollung bzw. ein Auswalzen zu dünnen Plättchen, sind Rückschlüsse über die Transportweite möglich. Die Kennzeichen einer möglichen primären Herkunft gehen beim Transport zunehmend verloren (YEEND 1975; HALLBAUER & UTTER 1977).

Die Goldpartikel aus den Bächen der MM zeigten keine Hinweise auf sekundäres Anwachsen oder biogene Ausfällung. Alle Merkmale wie Größe und Morphologie (Kompaktheit) der Partikel, die Verwachsungen mit anderen Mineralen (s. o.) und auch die chemische Zusammensetzung lassen darauf schließen, daß die Goldpartikel nur über geringe Entfernung transportiert wurden (Abb. 4). Die Goldkörner zeigen nämlich nur randliche Einrollungen, aber keine Plättungen oder gar Sandwichstrukturen, wie sie bei weit transportierten Goldflittern, z. B. aus dem Rhein, von HALLBAUER & UTTER (1977) aufgezeigt wurden. Trotzdem kam es aber schon zum mehr oder weniger starken Herauslösen des im Primärgold vorhandenen Silberanteils (Feingehalt von Primärgoldpartikel der Erze ca. 850 bis 930), wie es auch von z. B. BOYLE (1976) und DESBOROUGH (1970) in anderen Fällen beschrieben wurde.

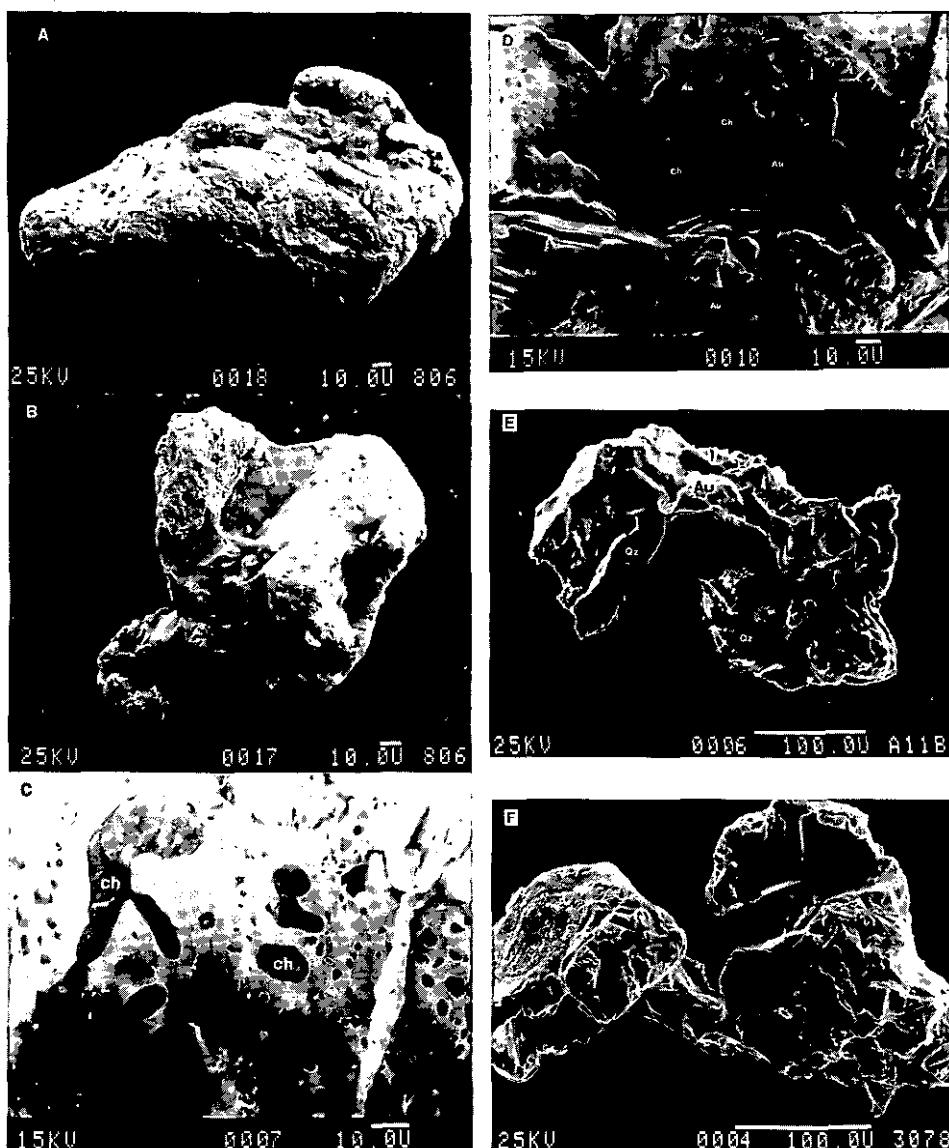


Abb. 5. Seifengold und Primärgold aus Aufschlußbohrungen und Waschkonzentraten.  
 A = Gedrungenes, gerundetes Seifengoldkorn mit randlichen Umbiegungen, Goldberggrund bei Plösen, Probe 30806. B = Seifengoldkorn mit gut sichtbaren Negativabdrücken, vermutlich von Pyrit. Goldberggrund bei Plösen, Probe 30806. C = Detailausschnitt eines Goldkernes aus dem Waschkonzentrat der Kernbohrung 5836/2 mit Verwachsung von Chalkopyrit (ch). Teufe 39,0–40,0 m, Goldberggrund bei Plösen, Probe 33065. D = Goldkorn (au) aus Kernbohrung 5836/2 mit Negativabdrücken weiterer Minerale, Einschlüssen von Chalkopyrit (ch) und Verwachsung mit Pyrit (py). Teufe 39,0–40,0 m, Goldberggrund bei Plösen, Probe 33065. E = Komplex geformtes Seifengoldkorn mit streifig ausgebildeten Mineralabdrücken (Pfeile) – aus dem Hammerbach bei Ahornberg, Probe A11B. F = Primärgold (Au) mit anhaftenden, hypidiomorphen Quarzkörnern (Qz). Ahornberg, Probe 3078. Maßstabsbalken in  $\mu\text{m}$ .

#### 4. Die primären Goldvererzungen

Die Goldvererzung im Goldberggrund bei Plösen wurden im Rahmen umfangreicher Prospektionsarbeiten von der PREUSSAG AG Metall durch mehrere Kernbohrungen untersucht, deren Material für die Untersuchungen zur Erzmineralparagenese und der Nebengesteine zur Verfügung stand. Eine gute Erzführung von Lesesteinen gestattete auch bei Ahornberg detaillierte Untersuchungen zur Vererzung (GRÜNER et al. 1986, 1989; GRÜNER 1990). Eine weitere Vererzungszone mit Pyrit und Freigold in Quarzlesesteinen wurde bei Birnstengel in der weiteren Umgebung von Plösen nachgewiesen (LEHRBERGER & MORTEANI 1994).

In den Kernbohrungen bei Plösen wurde in den oberen Teufen eine Wechselleagerung von Chlorit-Amphibolgneisen mit hellen Muskowit-Albit-(Amphibol-) Gneisen angetroffen. Zonen mit erhöhten Goldgehalten treten vornehmlich in stark chloritführenden, zum Teil silifizierten Zonen auf. Chlorit tritt pseudomorph nach Granat und Amphibol auf. Diese Zonen sind weiterhin durch eine intensive Kleinfältelung und eine disseminiert auftretende Pyritvererzung gekennzeichnet (GRÜNER, 1990). Die Bildung von zahlreichen Quarzsegregaten (nur zum Teil mit Gold vererzt) und Boudinierung von monomineralischen Chloritlagen lassen auf eine rekristallisierte Mylonitzone schließen. Strukturelle Untersuchungen (BEHR 1983; FRANKE et al. 1992 zit. in KLEMD 1993) konnten mindestens drei Hauptdeformationsphasen und mehrere kleinere, späte Deformationsphasen aufzeigen. Die in den Amphiboliten dominierende, spätmetamorphe, mylonitische Schieferung (S2) wird der zweiten Defomationsphase (D2) zugeordnet. Unterhalb 70 m treten unvererzte Amphibolite, Epidotamphibolite und Granatamphibolite mit geringer Chloritisierung auf. Der Mineralbestand der Granatamphibolite umfaßt kataklastisch zerbrochene und deformierte Granate, nematoblastisch gesproßte Amphibole, randlich von Chlorit verdrängt, eine serizitreiche, ältere Plagioklasgeneration, eine jüngere, albitreiche Plagioklasgeneration und Quarz. In wechselnden Anteilen treten Klinozoisit und zonierter Epidot hinzu.

Das bei weitem häufigste Erzmineral der metabasischen Gesteine ist Pyrit. Dieser tritt in Form xenomorpher Porphyroblasten (bis 5 mm) in Hauptschieferungsrichtung gelängt, kataklastisch zerbrochen und häufig mit einer beginnenden Boudinierung, auf. Weiterhin sind kleinkörnige, hypidiomorph ausgebildete Pyrite in großer Zahl gesproßt. Nach COX et al. (1981) erfolgt die plastische Verformung, die zur Längung der Pyritkörper führt, bei Temperaturen von 400–700 °C durch Dislokationsgleitung, während unterhalb 300 °C spröde Verformung durch Kataklase vorherrscht (ATKINSON 1975).

Chalkopyrit tritt überwiegend als Rißfüllung und in Form kleiner, tröpfchenförmiger Einschlüsse in kataklastisch zerbrochenem Pyrit auf. In silikatischer Matrix tritt er schlierig eingeregelt in sf-parallelen Lagen auf.

Pyrrhotin bildet diskrete Einschlüsse (< 50 µm) in Pyrit und wurde von diesem weitgehend verdrängt.

Sehr selten wurde Molybdänit in Berührungsparagenese zu Pyrit und frei in silikatischer Matrix beobachtet. Kinkbands und undulöse Auslöschung weisen auf postkristalline Deformation hin.

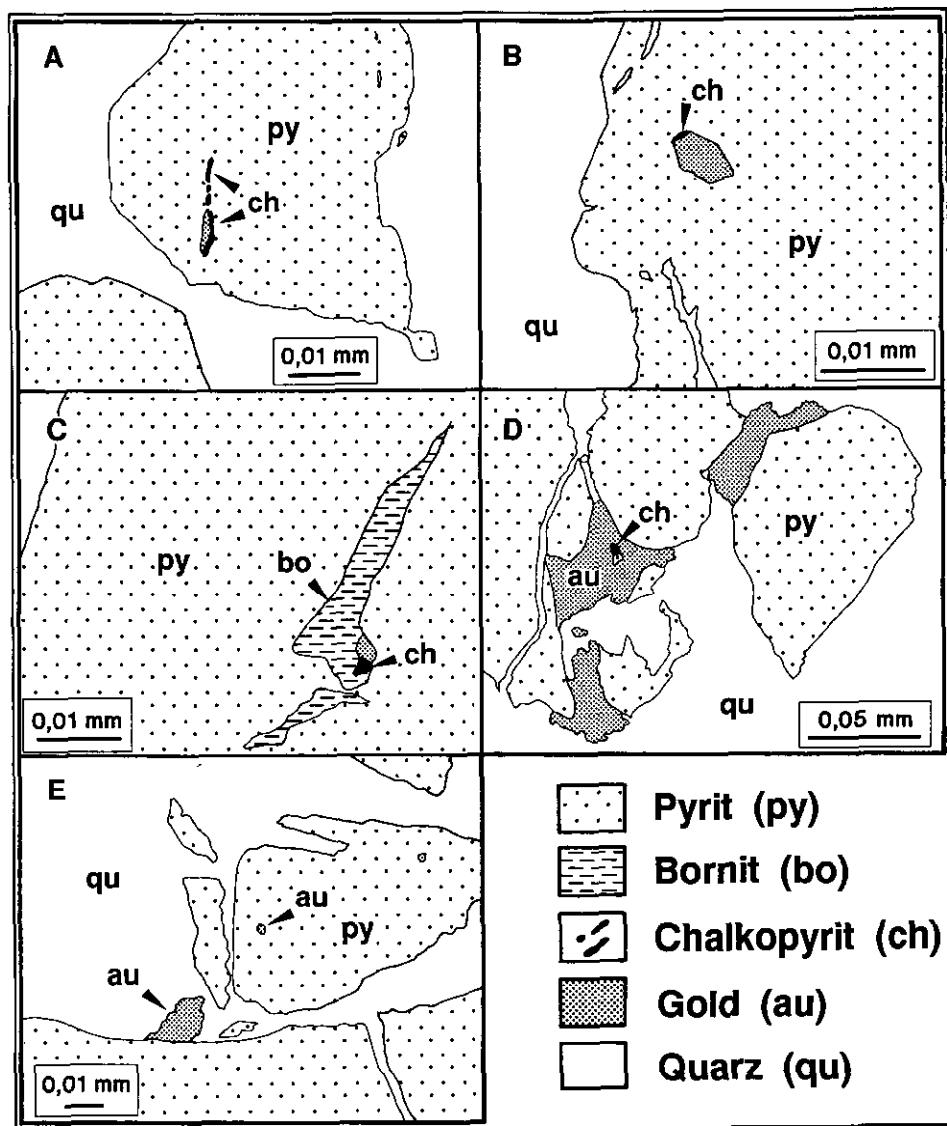


Abb. 6. Primäre Goldvererzung in amphibolitischen Gesteinen vom Goldberggrund bei Plösen.

A, B = Gold und Chalkopyrit in Pyrit, Kernbohrung 5836/1, Teufe 76,58m, Probe 2684.

C = Gold mit Chalkopyrit und Bornit in Pyrit, Kernbohrung 5836/2, Teufe 38,95m, Probe 2688-1.

D = Rißfüllung von Gold und Chalkopyrit mit Quarz in Pyrit, Kernbohrung 5836/2, Teufe 39,45 m, Probe 2689.

E = Gold an Pyritkorn, Kernbohrung 5836/2, Teufe 39,45 m, Probe 2689.

Gold tritt zusammen mit Chalkopyrit und Quarz in kataklastischen Rißbildungen von Pyrit auf (Abb. 1, 6). Goldeinschlüsse ohne sichtbare Kennzeichen einer Rißbildung in Pyrit, z. T. in Paragenese mit Bornit sind sehr selten. In einer relativen Altersabfolge sind Chalkopyrit und Gold, im Vergleich zu Pyrit, als jüngere Mineralisationen einzustufen.

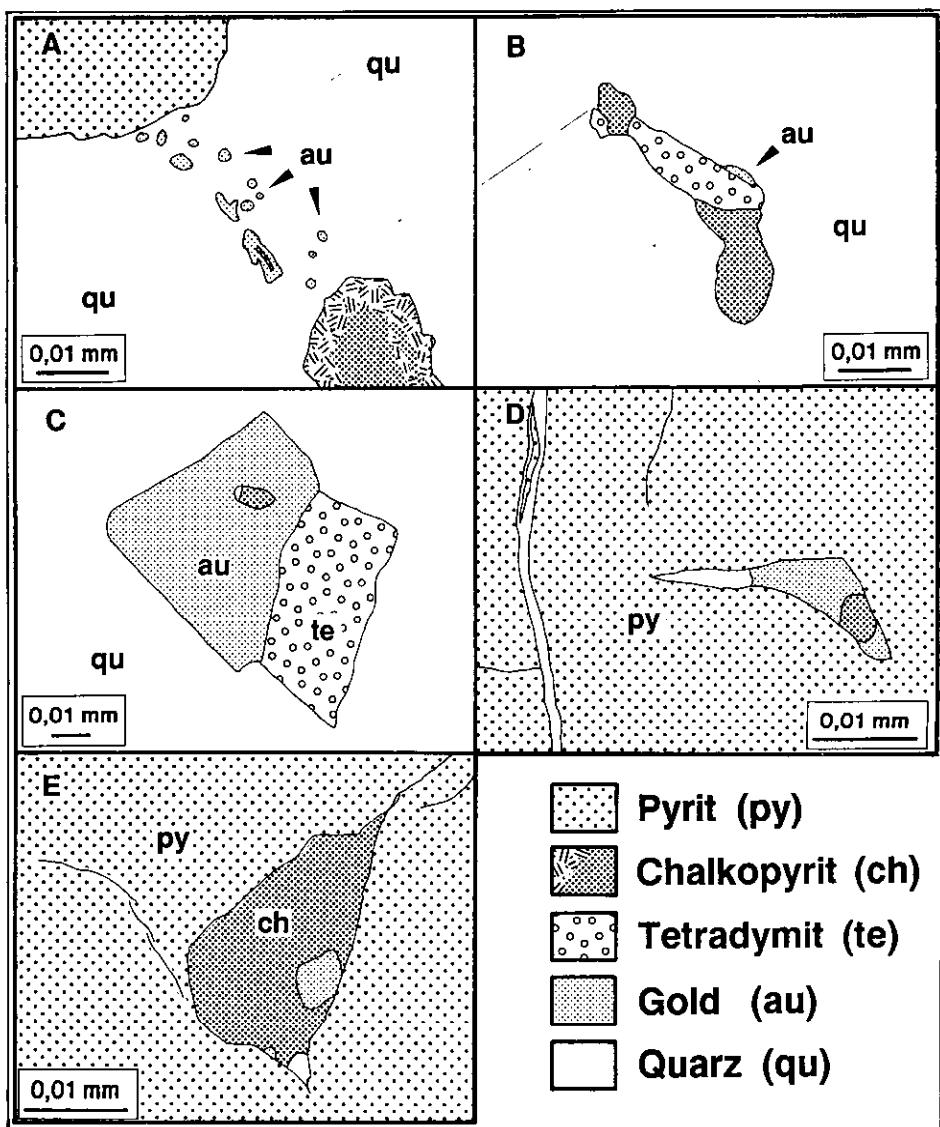


Abb. 7. Goldmineralisation in synmetamorphen Quarzlinsen vom Goldberggrund bei Plösen.  
 A = Perl schnurartige Aufreihung von Goldtröpfchen entlang von Quarzkorngrenzen. Kernbohrung 5836/4, Teufe 90,60 m, Probe 2740-3 b.  
 B = Goldtröpfchen an Tetradymit und Chalkopyrit. Kernbohrung 5836/4, Teufe 90,60 m, Probe 2740-2 b.  
 C = Chalkopyriteinschluß in Gold zusammen mit Tetradymit. Kernbohrung 5836/4, Teufe 90,60 m, Probe 2740-2 b.  
 D, E = Gold mit Chalkopyrit und Quarz in Pyrit. Kernbohrung 5836/1, Teufe 76,50 m, Probe 2682.

Die Hauptmenge des Goldes im Goldberggrund tritt in parallel zur Hauptschieferung der Metabasite vorkommenden Quarzknuern zusammen mit Pyrit, Chalkopyrit und Bornit auf. Selten sind auch Tetradymit, Wittichenit, Hessit, Emplektit und Bismuthinit beobachtet worden (Abb. 1, 7; Tab. 2) (GRÜNER et al.

1986, 1989). Die Silbergehalte des Goldes in den Quarzknauern liegen mit Feingehalten von 860–910 signifikant über denen des Goldes der Amphibolite (Tab. 1; Feingehalt 900–1000).

*Tabelle 2: Mikrosondenanalysen (in Gew.%) von Silbertelluriden, Bismut- und Tellurphasen*

Probe	Lokalität	Au	Ag	Bi	Te	S	Summe	Formel
2630	Ahornberg, Ls	0.1	58.5	n.n.	34.5	0.2	93.3	$\text{Ag}_{2.01}\text{Au}_{0.01}\text{Te}$
2630	Ahornberg, Ls	23.5	39.8	n.n.	35.3	0.2	98.8	$\text{Ag}_3\text{Au}_{0.96}\text{Te}_{2.31}$
2632	Ahornberg, Ls	3.7	61.8	0.4	35.3	0.1	101.3	$\text{Ag}_{2.07}\text{Au}_{0.07}\text{Te}$
2632	Ahornberg, Ls	0.2	62.2	0.1	35.8	0.5	98.8	$\text{Ag}_{2.06}\text{Au}_{<0.01}\text{Te}$
2632	Ahornberg, Ls	7.9	53.4	0.1	35.4	0.1	96.9	$\text{Ag}_{1.78}\text{Au}_{0.14}\text{Te}$
2632	Ahornberg, Ls	0.2	63.2	n.n.	36.1	0.1	99.6	$\text{Ag}_{2.06}\text{Au}_{<0.01}\text{Te}$
2632	Ahornberg, Ls	0.2	62.6	n.n.	35.4	0.1	98.3	$\text{Ag}_{2.09}\text{Au}_{<0.01}\text{Te}$
2632	Ahornberg, Ls	0.7	62.9	0.1	35.5	0.2	99.4	$\text{Ag}_{2.10}\text{Au}_{0.01}\text{Te}$
2632	Ahornberg, Ls	0.2	60.5	n.n.	35.0	1.3	97.0	$\text{Ag}_{2.04}\text{Au}_{<0.01}\text{Te}$
2740	Plösen, KB 5836/4, n.n.	<0.1	57.7	36.6	4.9	99.3	$\text{Bi}_{1.80}\text{Te}_{1.87}\text{S}$	
	90,60–90,66 m							
2740	Plösen, KB 5836/4, 90,60–90,66 m	0.2	<0.1	58.6	34.9	4.4	98.2	$\text{Bi}_{2.04}\text{Te}_{2.01}\text{S}$
2740	Plösen, KB 5836/4, n.n. 90,60–90,66 m	0.1	59.6	34.7	4.7	99.1	$\text{Bi}_{1.94}\text{Te}_{1.85}\text{S}$	
2740	Plösen, KB 5836/4, n.n. 90,60–90,66 m	<0.1	78.1	0.1	18.4	96.7	$\text{Bi}_2\text{S}_{3.07}$	

n.n. = nicht nachweisbar; Ls = Lesestein, KB = Kernbohrung

Das Goldvorkommen bei Ahornberg konnte mangels Aufschlüsse nur an Sulfid-führenden Lesesteinen mit teilweisen Glimmerschieferresten lokalisiert und untersucht werden (HATZL 1986) (Abb. 4).

Die erzführenden Lesesteine weisen ein deutliches Schieferungsgefüge auf. Die erzführenden Quarzlagen erreichen senkrecht zur Schieferung bis zu 50 cm Mächtigkeit. Sie werden durch unregelmäßige, feine, sf-parallele Erzschlüren und Lagen durchzogen. Daneben treten punktuell netzförmig ausgebildete Granatblasten und meist randlich Hellelimmerschlüren auf.

Der primär sulfidische Anteil der Vererzung ist vor allem von Pyrit und Chalkopyrit dominiert, wobei Chalkopyrit den Pyrit weitgehend verdrängt hat. Durch tiefgreifende Verwitterung liegt die Hauptmenge des Erzes als sekundärer Limonit bzw. Digenit/Covellin vor. Des Weiteren treten, in Form von kleinen Einschlüssen in Chalkopyrit, v.a. Bornit und untergeordnet Freigold, Hessit, Coloradoit, Tellurobismuthit, Melonit und komplexe Ag-Au-Telluride auf (Abb. 8). Pyrit und Chalkopyrit sind häufig kataklastisch zerbrochen. Freigold bis zu 1 mm Korngröße ist i) vor allem in limonitischen Aggregaten, ii) in Form von nur wenigen mm großen, tröpfchenförmigen Einschlüssen in Chalkopyrit und Bornit, iii) entlang von Rissen und Kleinwinkelkorngrenzen in Pyrit, Chalkopyrit und Bornit iv) sowie perl schnurartig aufgereiht entlang von Quarzkorngrenzen zu finden. Freigold in limonitischen Aggregaten weist Feingehalte von > 990 auf, dagegen zeigt Freigold in Form feiner Einschlüsse in Sulfiden niedrige Feingehalte von 850–930 auf.

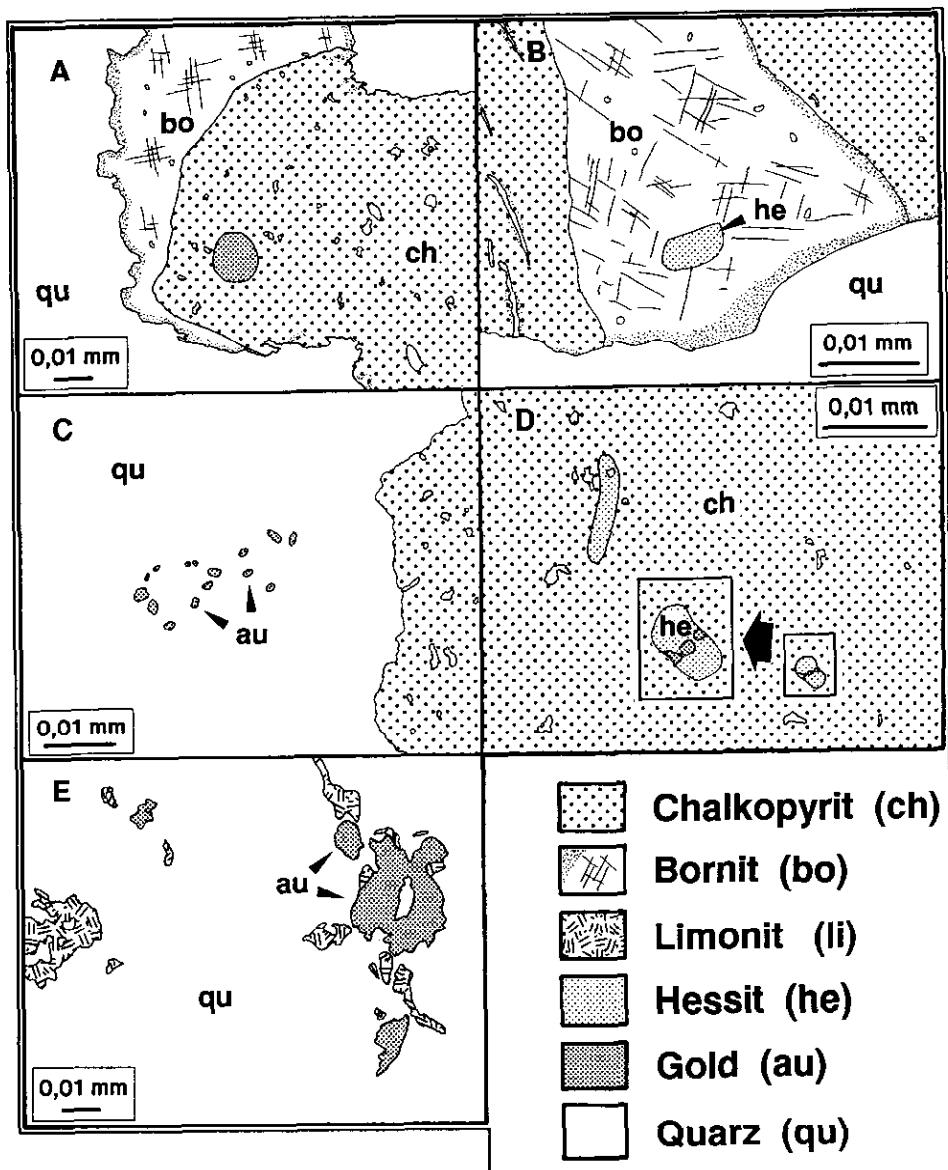


Abb. 8. Goldvererzungen in synmetamorphen Quarzlesesteinen von Ahornberg.  
A = Bornit wird von Chalkopyrit entlang von Entmischungslamellen verdrängt. Größerer Gold einschluß in Chalkopyrit. Bornit wird randlich von Digenit zementativ verdrängt, Probe 2632.

B = Bornit mit Chalkopyrit und Hessit, Probe 2632.

C = Perl schnurartige Aufreihung von Goldkörnern im Quarzkorngefüge, Probe 2632.

D = Kleine Einschlüsse von Hessit mit Gold in Chalkopyrit, Probe 2632.

E = Gold mit Limonit in Quarz, Probe 2633-5.

Bei Ahornberg treten neben den goldführenden Quarzknuern auch Lesesteine feingefältelter Granatglimmerschiefer mit großen Granatidioblasten mit sigmoidalem Interngefüge auf (GRÜNER et al. 1986, 1989; HATZL 1986). Im nahen Umfeld der goldführenden Lesesteine sind weiterhin Granatamphibolit und Zoisitamphibolit die am häufigsten auftretenden Lesesteine.

Ebenso treten Lesesteine von Eklogitamphiboliten auf, die als überprägte Relikte einer Hochdruckmetamorphose in der MM anzusehen sind. Petrogenetische Bedeutung kommt weiterhin dem „Ahornberger Marmor“ zu, der von GÜMBEL (1879) erstmals beschrieben wurde. Petrographische Untersuchungen an neu aufgefundenen Lesesteinen von Marmor und Kalksilikatfels des Vorkommens haben eine Berührungsparagenese von Diopsid + Tremolit + Dolomit + Calcit ergeben.

Die Untersuchung der Mineralchemie an Amphibolen und Hellglimmern in den Nebengesteinen der beiden Goldvorkommen hat Hinweise für eine retrograde Druckentlastung während der amphibolitfaziellen Metamorphose ergeben. Eine grobe Abschätzung ergibt Druckbedingungen von ca. 11–5 kbar für die Amphibolbildung (GRÜNER & MORTEANI 1990; GRÜNER 1990). Für das retrograde, amphibolitfazielle Metamorphosestadium des Weissensteineklogits nehmen FRANZ et al. (1986) vergleichbare Drucke zwischen 8 und 12 kbar bei Temperaturen von ca. 600 °C an.

## 5. Mikrothermometrische Untersuchungen an Flüssigkeitseinschlüssen

Thermometrische Untersuchungen an beidseitig polierten Schliffplättchen von goldführenden Quarzproben aus Ahornberg und Plösen wurden mit einem Heiz/Kühltisch vom Typ Linkham THM 600 ausgeführt. Eine ausführliche Gerätebeschreibung gibt SHEPHERD (1981). Die Kalibrierungs- und Meßbedingungen sind in GRÜNER (1990) beschrieben.

Die Mehrzahl der untersuchten Einschlüsse waren bei Raumtemperatur zweiphasige, wässrige (L+V)-Einschlüsse. Dreiphasige, CO<sub>2</sub>-reiche Einschlüsse (L<sub>1</sub>+L<sub>2</sub> + V) sind selten beobachtet worden. Eine zeitliche Abfolge von CO<sub>2</sub>-reichen und wäßrigen Einschlüssen konnte aufgrund von Gefügekriterien nicht getroffen werden. Festphasen, z. B. Salzkristalle, konnten in den Einschlüssen nicht beobachtet werden. Die Homogenisierung der Zweiphasen- und Dreiphaseneinschlüsse erfolgte stets in die flüssige Phase. Primäre Einschlüsse, die der Definition von ROEDDER (1984) entsprechen, sind nicht erhalten geblieben. Es dominieren sich kreuzende Fluidbahnen mit Einschlüssen in gestreckten, ovalen Formen. Die Fluidbahnen greifen über mehrere Quarzkörngrenzen hinweg und sind sekundärer Entstehung. Jüngste Mikrorißbildungen sind durch das Auftreten von dendritisch-amöboid geformten Einschlüssen charakterisiert.

Die Häufigkeitsverteilung von T<sub>e</sub>, der ersten sichtbaren Schmelzbildung (Abb. 9) der Flüssigkeitseinschlüsse in den Präparaten von Plösen und Ahornberg zeigt im Bereich von ca. –55 °C bis 0 °C mehrere Häufigkeitsmaxima. Das niedrigste, auftretende Temperaturmaximum von T<sub>e</sub> = –48 bis –55 °C wird als CaCl<sub>2</sub> dominierter Lösungstyp interpretiert (T<sub>e</sub> CaCl<sub>2</sub> = –49,8 °C, aus HOLLISTER &

CRAWFORD 1981). Vergleichbare Eutektika sind von  $\text{AlCl}_3$ - und  $\text{FeCl}_3\text{-H}_2\text{O}$ -Systemen bekannt (LINKE 1958), jedoch ist nach ROEDDER (1984)  $\text{CaCl}_2$  am häufigsten in den Lösungen von Flüssigkeitseinschlüssen mit eutektischen Schmelztemperaturen von ca.  $-50^\circ\text{C}$  beteiligt. Diese Einschlüsse weisen die höchste Dichte ( $\rho = 1,1$ ) aller hier untersuchten, wässrigen Einschlüsse auf. Weitere Häufigkeitsmaxima treten bei ca.  $-35^\circ\text{C}$  (vermutlich  $\text{MgCl}_2\text{-NaCl}$ -Lösungstyp) und bei  $-20^\circ\text{C}$  ( $\text{NaCl}$ - und  $\text{KCl}$ -Lösungstyp) auf.

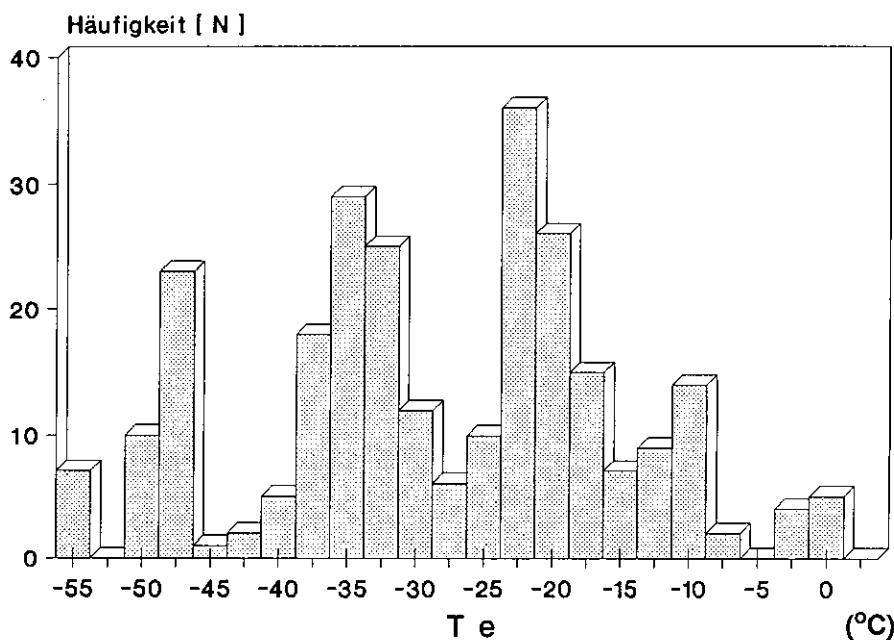


Abb. 9. Temperaturhistogramm der ersten Schmelzbildung  $T_e$  der wässrigen und  $\text{CO}_2$ -führenden Flüssigkeitseinschlüsse.

Die Häufigkeitsverteilung der Schmelzbildung des letzten Eises ( $T_m$ ) ergibt ein ausgeprägtes Maximum zwischen ca.  $-10^\circ\text{C}$  und  $0^\circ\text{C}$ , typische Werte für ein niedersalinar dominiertes Lösungssystem (Abb. 10). Eine kleine Anzahl clathrathaltiger Einschlüsse wies positive  $T_m$ -Werte von +6 bis +10  $^\circ\text{C}$  auf.

Die Homogenisierungstemperaturen  $T_h$  der Flüssigkeitseinschlüsse sind in Abb. 11 dargestellt. Sie sind durch ein Maximum im Temperaturintervall von 175–225  $^\circ\text{C}$  gekennzeichnet. Die maximal erreichten Homogenisierungstemperaturen betragen 360  $^\circ\text{C}$ , die Minimalwerte 75  $^\circ\text{C}$ .

Die Entwicklung der fluiden Phase in den goldführenden Quarzseggregaten lässt sich mit Hilfe der aus  $T_m$  berechneten  $\text{NaCl}_{\text{equiv}}$ -Salinität nach der Formel von POTTER et al. (1978) bzw. für clathrathaltige Einschlüsse nach COLLINS (1979), aufgetragen gegen die Homogenisierungstemperatur  $T_h$  (Abb. 12), veranschaulichen. Eine kleine Gruppe von Einschlüssen mit hohen  $\text{NaCl}_{\text{equiv}}$ -Salzgehalten von ca. 25–30 Gew.-% und eutektischen Schmelztemperaturen um ca.  $-50^\circ\text{C}$  enthalten vermutlich einen  $\text{CaCl}_2$ -dominierte Lösungstyp. Die verbleibende, überwie-

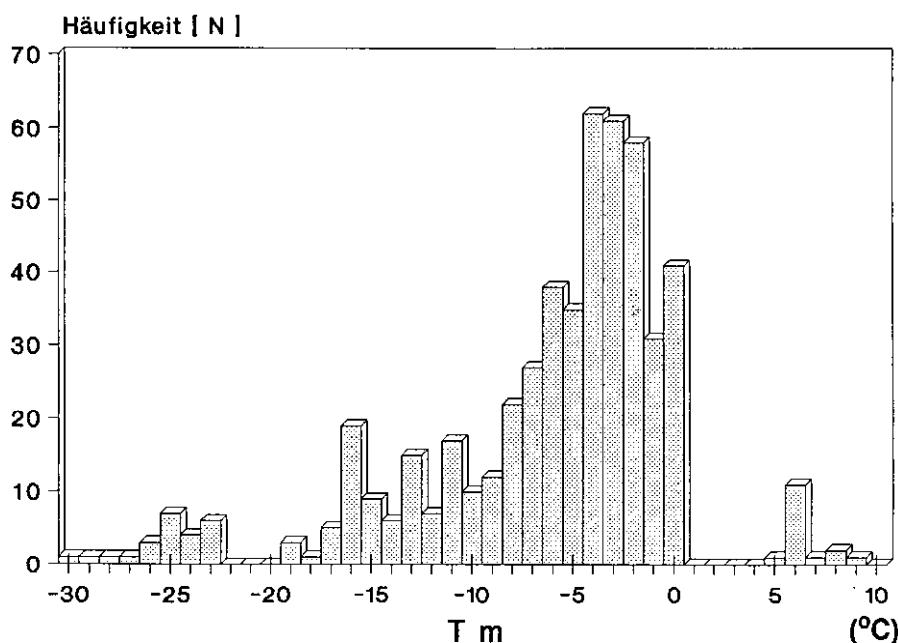


Abb. 10. Schmelztemperaturhistogramm des letzten Eisrestes  $T_m$  wäßriger und clathrathaltiger,  $\text{CO}_2$ -führender Flüssigkeitseinschlüsse.

gend große Anzahl der Einschlüsse überstreicht einen sehr weiten Salinitätsbereich von ca. 1–20 Gew.-%  $\text{NaCl}_{\text{equiv}}$ . Das Intervall der Homogenisierungstemperatur beträgt hingegen ca. 150–250 °C. Dies deutet auf eine intensive Mischung unterschiedlich saliner Lösungen während der Einschlußbildung in den metamorphen Quarzlinsen hin. Streuungen zu hoher Homogenisierungstemperatur hin, die an Einschlüssen von einzelnen Einschlußbahnen ermittelt wurden, werden als sekundäre Veränderungsprozesse durch „necking down“ bzw. „leakage“ interpretiert.

Die Einschlußentwicklung in regionalmetamorphen Gesteinen stellt nach HOLLISTER et al. (1981) eine zeitliche Dichteentwicklung dar. Die Dichte der untersuchten wäßrigen Einschlüsse erreicht maximal ca. 1,1 g/ccm und wurde für den hochsalinaren,  $\text{CaCl}_2$ -dominierten Lösungstyp errechnet. Die Gruppe der niedersalinaren,  $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}-\text{CO}_2$ -Einschlüsse (ca. 6–9 Gew.-%  $\text{NaCl}_{\text{equiv}}$ ) weist eine Gesamtdichte von ca. 0,9 g/ccm auf. BEHR et al. (1986) und REUTEL & HORN (1988) konnten in Gesteinsquarz der MM reine  $\text{CO}_2$ -Einschlüsse mit einer Dichte von 1,2 g/ccm und  $\text{N}_2$ -dominierte Fluidphase auffinden, die als älteste, noch nachweisbare Fluidgeneration in Gesteinen der MM gelten kann.  $\text{CO}_2-\text{N}_2$ -Einschlüsse hoher Dichte sind weiterhin von KLEMD et al. (1992) in Metasedimenten des Weissensteinkogels beschrieben worden. Durch die Druckentlastung beim Wiederaufstieg sind die älteren Gaseinschlüsse der Quarze weitgehend dekrepitiert und das freigewordene  $\text{CO}_2$ -reiche Fluid hat sich mit einer jüngeren, wäßrigen und gering salinaren fluiden Phase gemischt und neue, unter Raumtemperaturbedingungen 3-phasige, Einschlüsse gebildet. Die hochsalinaren,  $\text{CaCl}_2$ -dominierten, wäßrigen Einschlüsse sind aufgrund ihrer Dichte und Lösungszusammensetzung einer eigenständigen Fluidgeneration zuzurechnen. Die Mehrzahl der untersuch-

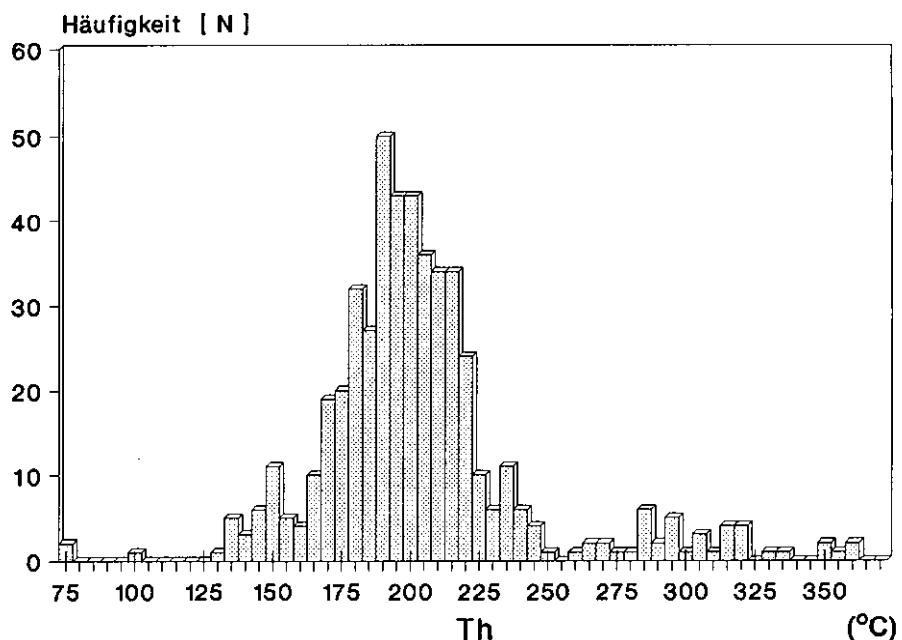


Abb. 11. Histogramm der Homogenisierungstemperaturen  $T_h$  der wäßrigen und  $\text{CO}_2$ -führenden Flüssigkeitseinschlüsse.

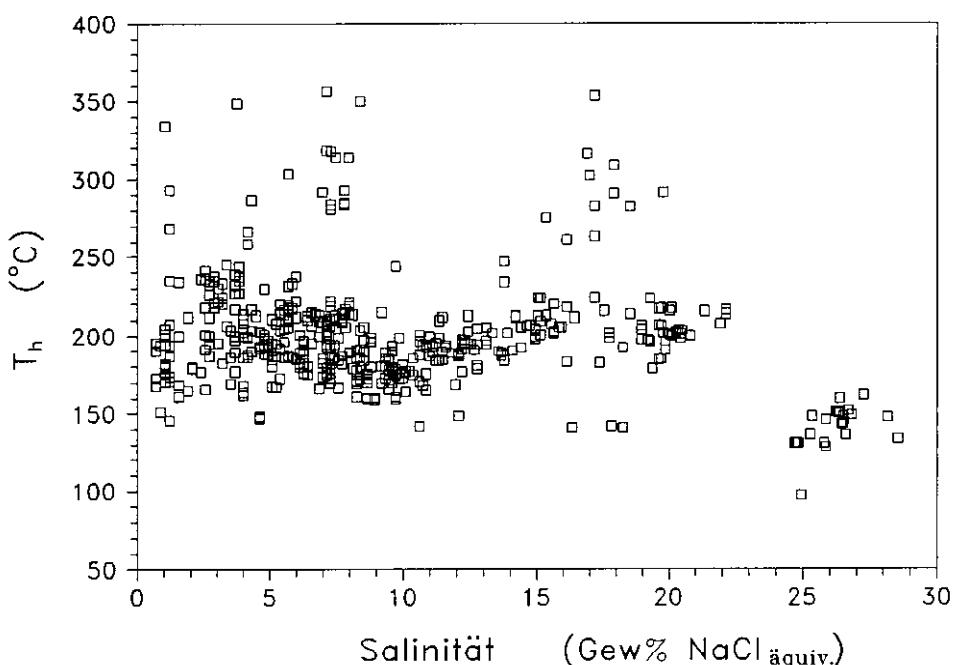


Abb. 12. Homogenisierungstemperaturen  $T_h$  der wäßrigen und  $\text{CO}_2$ -führenden Einschlüsse aufgetragen gegen die berechnete  $\text{NaCl}_{\text{äquiv}}$ -Salinität.

ten Einschlüsse mit stark wechselnder Salinität und einem großen  $T_h$ -Intervall sind im Verlauf der retrograden Metamorphoseentwicklung durch sekundäre Bildungen, die zu einer weitgehenden Mischung von unterschiedlich salinaren Einschluslösungen geführt haben, entstanden. Entlang von Mikrorissen gebildete Einschlüsse weisen höhere Homogenisierungstemperaturen gegenüber isoliert in Quarz auftretenden Einschlüssen auf. In den untersuchten Quarzproben zeigten

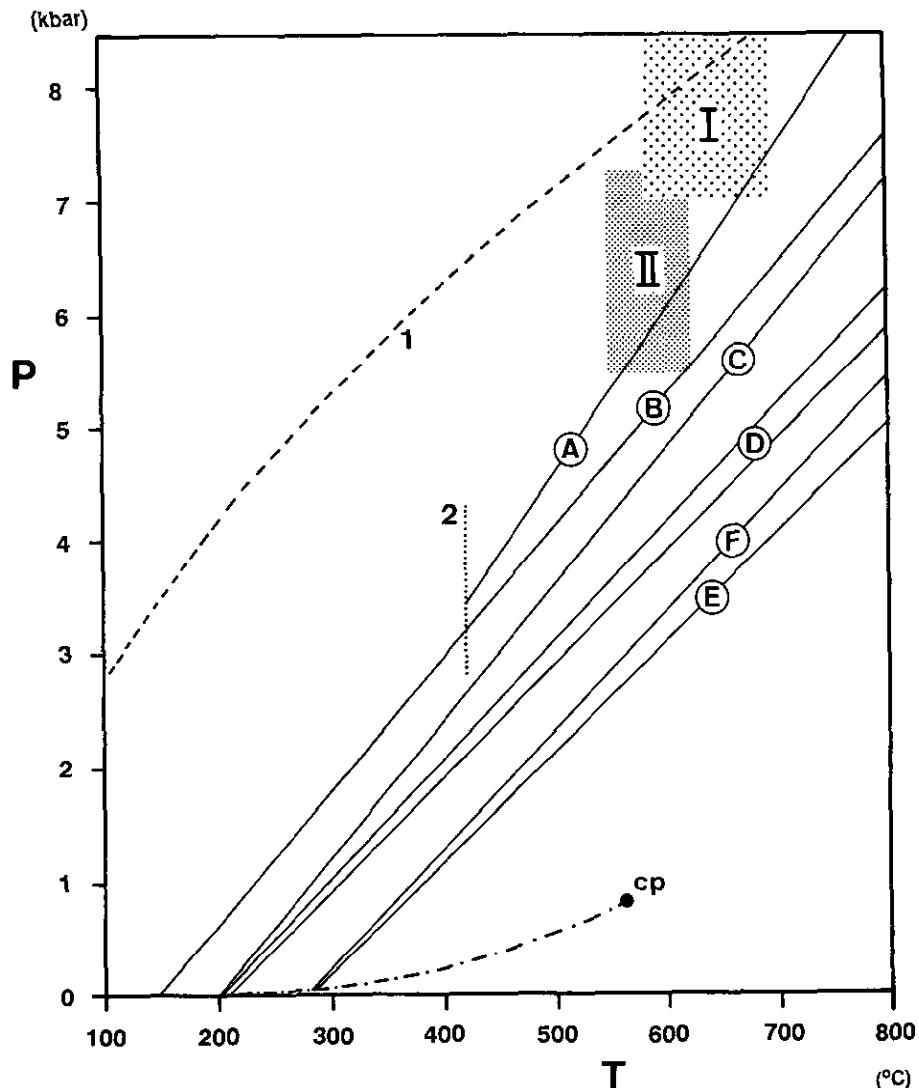


Abb. 13. Isochorendarstellung verschiedener Einschlusgruppen. – A = 3-Phaseneinschlüsse  $H_2O-CO_2$ , B = hochsalinare,  $CaCl_2$ -haltige, wäfigrige Einschlüsse, C = niedersalinare, wäfigrige Einschlüsse höherer Dichte, D-F: Einschlüsse, die durch sekundäre Veränderungen während der fortschreitenden retrograden Metamorphose gebildet wurden. I: „medium pressure“-Metamorphose nach BLÜMEL et al. (1986), II: Hochtemperatur-Blastomylonitstadium (BLÜMEL et al. 1986). – 1 = reine Gas ( $CO_2$ )-Einschlüsse nach BEHR et al. (1986), 2 = Mischbarkeitsgrenze für  $CO_2-H_2O$  nach GEHRIG et al. (1979).

eine größere Zahl von Einschlüssen derartige Veränderungen innerhalb einer Einschlußbahn durch Streuung der  $T_h$ -Temperaturen bei annähernd gleichbleibender Salinität an.

Die Berechnung von Isochoren nach NICHOLLS & CRAWFORD (1985) für wässrige Einschlüsse und nach BOWERS & HELGESON (1983) für  $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O-NaCl}$ -Einschlüsse ergab für die niedersalinaren, dreiphasigen  $\text{CO}_2$ -haltigen Einschlüsse einen möglichen Bildungsbereich im pT-Feld, der mit dem Blastomylonitstadium nach BLÜMEL et al. (1986) für die Hangendserie der MM übereinstimmt (Abb. 13).

Die Isochoren der  $\text{CaCl}_2$ -dominierten Einschlüsse hoher Dichte erreichen in einem Temperaturintervall von 550–600 °C (amphibolitfazielles Metamorphosestadium nach BLÜMEL et al. 1986) noch ca. 4,5–5,2 kbar. Dies lässt eine weitgehend isotherme Druckentlastung und die Verbindung dieser Lösungen mit retrograden Mineralreaktionen eklogitischer Mineralparagenesen vermuten. Nach FRANZ et al. (1986) und KLEMD (1989) werden hierbei  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  und  $\text{K}^+$ -Ionen freigesetzt. Bei Hydratisierungsreaktionen im Nebengestein wird ein Teil des Wassers durch Mineralneubildungen (Amphibol, Chlorit, Serizit in Plagioklas) verbraucht, was die Bildung hochsalinärer Lösungen begünstigt. KLEMD (1989) fordert für die retrograde Metamorphose der Eklogite vom Weißenstein eine  $\text{NaCl-KCl-CaCl}_2$ -reiche fluide Phase, die durch Hydratisierungsreaktionen zu einer  $\text{NaCl-KCl-CaCl}_2$ -reichen, fluiden Phase erhöhter Salinität verändert wird.

Die Mehrzahl der untersuchten Einschlüsse repräsentiert eine späte Entwicklungsphase der retrograden Metamorphose mit sekundären Veränderungsprozessen unter abnehmenden pT-Bedingungen.

## 6. Geochemie der Nebengesteine

Die Haupt- und Spurenelementgehalte der Metabasitproben von Plösen und Ahornberg wurden mittels Röntgenfluoreszenzanalyse untersucht. Es wurden Schmelztabletten (Verhältnis Probe zu Flüssigkeit 1:4) hergestellt und ein Philips PW 1410 Spectrometer mit Rhodiumröhre, kalibriert mit internationalen Standardproben, verwendet. Die SEE-Gehalte und die Spurenelemente Th, Ta, Hf wurden mit INAA am Institut für Radiochemie der TU München bestimmt. Eine Auswahl der Analysenergebnisse ist in Tabelle 3 wiedergegeben.

Zur geotektonischen Charakterisierung der Edukte metabasischer Gesteinsserien werden die Gehalte an immobilen Spurenelementen wie z. B. an Seltenen Erden, Ta, Hf und Th verwendet. Hauptelemente wie Na, K, Ca sind durch fluide Phasen mobilisierbar und daher zur Erkennung der Edukte von Metabasiten nicht brauchbar (MASON & MOORE 1982).

Die untersuchten Metabasite fallen im Diagramm  $\text{P}_2\text{O}_5$  gegen Zr (Abb. 14) in das Feld der subalkalinen, tholeitischen Basalte. Die chondritnormierten SEE-Verteilungsmuster ergeben für die Metabasite von Plösen eine Anreicherung der leichten SEE. Die Gesamtgehalte der SEE variieren zwischen 11,2 und 90,1 ppm für Metabasite aus Plösen und zwischen 7,8–32,1 ppm für Ahornberg (Abb. 16). Für Ahornberg kann eine gute Vergleichbarkeit zu n-Typ-MOR-Basalten hergestellt werden.

stellt werden. Die Anreicherung der LSEE in Plösen lässt sich mit der in e-Typ-MOR-Basalten bzw. Inselbogenbasalten vergleichen. Die geringe Mobilität der SEE in der Regionalmetamorphose in der Münchberger Gneismasse konnte durch Proben des (Meta-)Noritkörpers vom Steinhügel bestätigt werden (GRÜNER 1990). Dabei wurden Gesteinsproben mit reliktischer, noritischer Mineralparagenese (opx + plg + opake Minerale) und zu Granatamphibolit alterierte Gesteinsproben mit der Mineralparagenese Granat + symplektische Amphibole + Zoisit + Epidot + Quarz + Plagioklas + Rutil untersucht.

*Tabelle 3: Gesamtgestein-Zusammensetzung von Metabasiten aus Ahornberg (Ahbg) und vom Goldberggrund Plösen*

Probe	2603	2621	2623	2624	2625	2626	2645	2681	2690	2691	2724
Lokalität	Ahbg Ls	Ahbg Ls	Ahbg Ls	Ahbg Ls	Ahbg Ls	Ahbg Ls	Plösen KB 5836/1	Plösen KB 5836/2	Plösen KB 5836/2	Plösen KB 5836/4	
(Gew.-%)											
SiO <sub>2</sub>	49.5	50.1	45.9	50.0	55.9	49.5	52.5	49.2	46.8	51.2	46.9
TiO <sub>2</sub>	0.81	0.32	0.53	1.45	0.41	0.68	1.63	1.14	0.61	0.79	0.48
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.1	17.6	21.1	15.9	16.4	15.6	13.0	16.1	18.0	18.4	15.6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.62	1.52	1.77	3.38	2.95	2.28	2.69	2.98	3.47	2.98	4.06
FeO	8.78	3.69	5.61	8.22	7.15	5.53	6.54	7.22	8.43	7.22	9.84
MnO	0.19	0.10	0.12	0.20	0.17	0.14	0.20	0.17	0.13	0.14	0.38
MgO	7.74	11.7	10.3	6.95	5.73	10.6	9.05	8.93	9.85	8.27	7.38
CaO	11.2	13.6	11.5	11.3	8.31	13.7	11.5	8.23	0.21	0.34	9.57
Na <sub>2</sub> O	2.89	1.71	2.13	1.34	2.67	1.78	2.41	2.87	5.69	6.46	1.95
K <sub>2</sub> O	0.18	0.14	0.27	0.16	0.42	0.11	0.14	0.33	0.08	0.08	0.28
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.15	0.10	0.13	0.21	0.10
GV	0.40	0.70	1.80	1.40	0.70	0.40	1.40	1.70	3.80	6.80	1.60
Σ	100.5	101.3	101.1	100.4	100.9	100.4	101.2	100.8	97.2	102.9	98.1
(ppm)											
Cr	227	928	342	283	36	137	234	331	69	99	226
Co	48	45	45	44	30	42	29	44	35	35	50
Ni	88	117	204	90	<20	108	41	162	<20	23	37
Zn	60	22	44	71	77	46	48	100	69	90	193
Rb	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	38	<15	<15
Sr	69	188	243	366	213	156	83	261	71	29	396
Y	13	<8	<8	<8	10	<8	23	25	20	23	14
Zr	28	32	49	124	56	45	80	94	104	92	58
Nb	10	<8	<8	<8	—	<8	10	<8	22	<8	8
Cs	—	0.32	0.21	0.43	—	0.25	—	0.30	—	<0.2	0.65
Sc	51.8	52.7	25.3	67.2	40.8	56.1	55.2	36.8	27.8	37.1	57.5
Ba	57	56	66	88	—	68	190	145	38	38	138
Hf	1.00	0.66	1.45	3.52	0.90	1.44	0.35	3.16	2.07	2.94	1.45
Ta	—	0.17	0.37	0.34	—	0.16	—	0.35	0.10	0.16	0.22
Th	<0.1	0.49	0.43	0.44	—	0.13	<0.1	0.39	—	1.78	0.57
La	4.30	1.08	2.20	5.16	2.30	1.66	5.30	5.31	5.06	11.6	3.35
Ce	8.90	4.29	2.89	11.1	3.00	6.02	13.9	10.0	12.7	21.4	4.67
Nd	—	—	—	8.94	—	—	—	—	—	12.1	—
Sm	1.87	0.97	1.36	2.82	1.41	1.38	3.91	2.68	2.86	3.71	1.37
Eu	0.70	0.51	0.59	1.40	0.62	0.63	1.22	1.32	0.60	0.73	0.63
Tb	0.41	—	0.18	—	—	—	0.97	—	0.22	0.43	0.28
Yb	2.88	0.92	0.38	2.13	1.85	1.17	3.37	2.34	2.18	0.65	0.82
Lu	0.45	0.43	0.12	0.60	0.27	0.37	0.51	0.44	0.37	0.25	0.15

GV = Glühverlust, — = nicht bestimmt; Ls = Lesestein, KB 5836/2 = Kernbohrung

Die Nebengesteine der beiden Goldvererzungen von Plösen und Ahornberg unterscheiden sich deutlich in den Gehalten der Spurenelemente La, Ta und Hf. Die Metabasite von Plösen ähneln mit einem La/Ta-Verhältnis von größer 30 Inselbogenholeiiten, während in Ahornberg niedrigere Quotienten, wie sie für n- und e-type MOR-Basalte typisch sind, auftreten (Abb. 15). Eine vergleichbare Zuord-

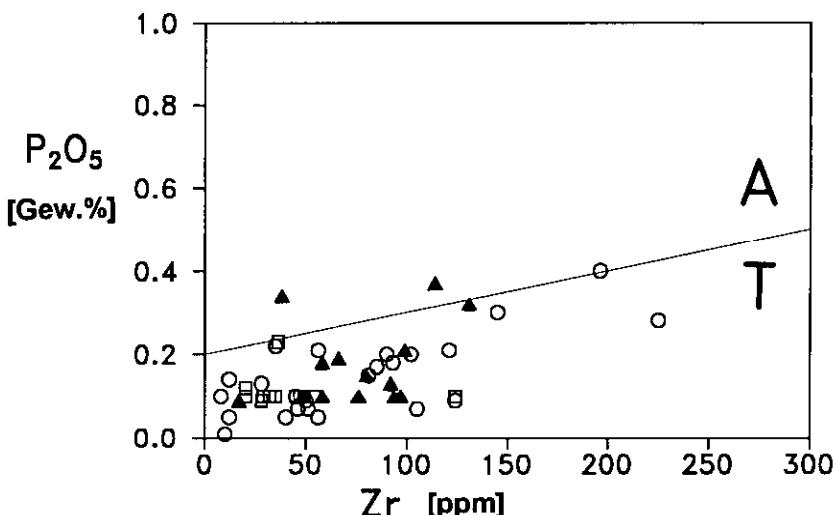


Abb. 14. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> gegen Zr zur Unterscheidung von Metabasitedukten in Alkalibasalte (A) und Tholeiitbasalte (T) (nach WINCHESTER & FLOYD 1977). Dreiecke = Metabasite Ahornberg, Quadrate = Metabasite Plösen, Kreise = weitere Metabasitvorkommen der Hangendserie.

nung ergibt sich aus Th gegen Hf. In früheren geochemischen Untersuchungen wurden von MATTHES (1974), PUCHELT et al. (1978) und STOSCH & LUGMAIR (1986, 1987) gute chemische Übereinstimmungen zwischen Eklogiten der Hangendserie der MM und n-MOR-Tholeiitbasalten aufgezeigt. SCHÜSSLER et al. (1989) konnte an Metabasiten verschiedener tektonischer Einheiten aus dem südlich des Fichtelgebirge gelegenen Grenzgebiet von Saxothuringikum und Moldanubikum Übereinstimmungen im geochemischen Charakter zu MOR-Basalten bzw. Intraplattenbasalten aufzeigen.

Die Eklogite der MM sind mittels Sm/Nd- und Rb/Sr-Isotopenuntersuchungen von STOSCH & LUGMAIR (1987) und MÜLLER-SOHNIES et al. (1987) auf ozeanisches Krustenmaterial zurückgeführt worden. Die amphibolitfaziellen Metabasite von Ahornberg und Plösen können zusammenfassend als geochemisch n-Type-MOR-Basalte bzw. Inselbogenbasalte interpretiert werden.

## 7. Schlußfolgerungen

Für die Genese der Goldvorkommen in der Münchberger Gneismasse wurden Modellvorstellungen von GRÜNER (1986, 1990), HATZL (1986) und GRÜNER et al. (1986, 1989) entwickelt (Abb. 17). Aufgrund der geochemischen Zusammensetzung der Metabasite, die das Nebengestein der Goldvererzung bilden, muß eine vulkanosedimentäre Serie der ozeanischen Kruste als primäre Quelle (source rock)

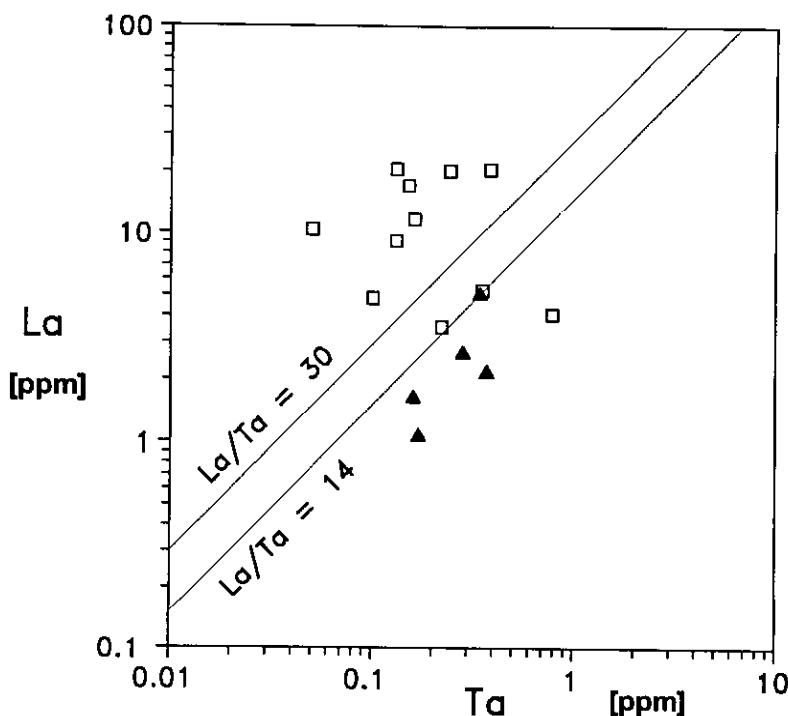


Abb. 15. La-Ta nach Wood et al. (1979) zur Unterscheidung der Metabasitedukte in Inselborgenthaloleiite ( $\text{La/Ta} > 30$ ), n-MOR-Basalte ( $\text{La/Ta} > 14 \& < 30$ ) und e-MOR-Basalte. ( $\text{La/Ta} < 14$ ). – Dreiecke = Metabasite Ahornberg, Quadrate = Metabasite Plösen.

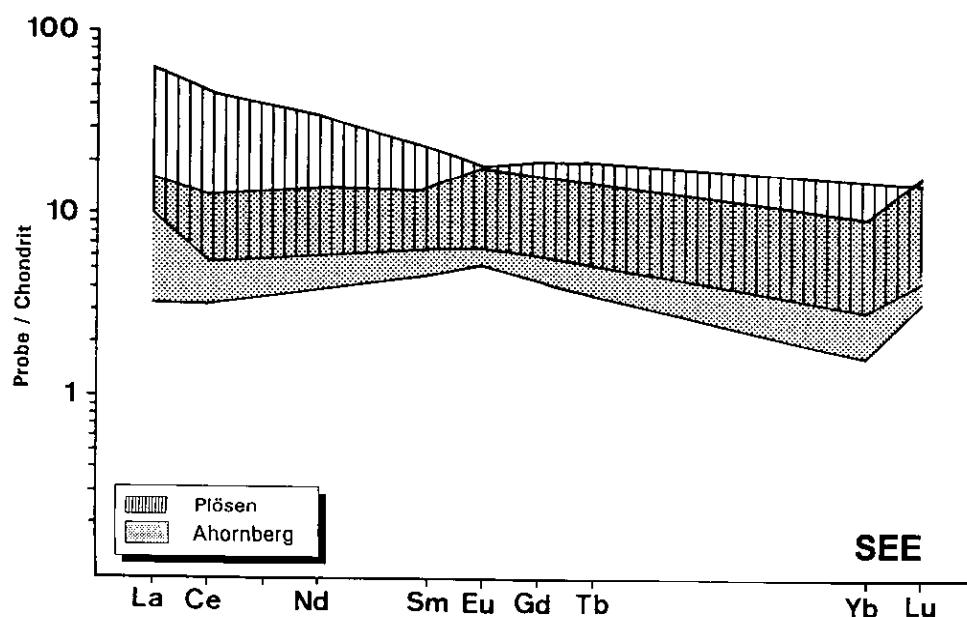


Abb. 16. Chondritnormierte SEE-Verteilungsmuster der Metabasite von Plösen und Ahornberg.

des Goldes in Betracht gezogen werden. Insbesondere stellen primäre goldreiche Sulfidmineralisationen nach BOYLE (1976), SAAGER (1982) und MORÁVEK et al. (1992) die geologisch gesehen wichtigsten Goldträger für spätere, durch Metamorphose bedingte Laugungs- und Anreicherungsprozesse dar. In Sedimenten entlang des ostpazifischen Rückens sind von CROCKET et al. (1973) erhöhte Goldgehalte submarin exhalativen Ursprungs gefunden worden. Gold-Bismut-Tellur-Paragenesen, wie sie auch in den Metabasiten der Hangendserie der MM auftreten, sind nach BOYLE (1976) typisch für Erzlösungen vulkanogenen Ursprungs. DILL (1985) hingegen streicht die Armut an begleitenden Metallen (Ag, Bi, Pb, Te, Se) für die Goldvererzungen in der Hangendserie der Münchberger Gneissmasse hervor und vergleicht diese Vererzungen daher mit dem Typ „Alpine Kieslager“ nach PAAR & CHEN (1982).

Das Entstehen eines Goldvorkommens mit Gehalten von mehr als 1 ppm benötigt gegenüber den Durchschnittsgehalten der Erdkruste von 2–5 ppb (z. B. GOLDSCHMIDT 1954, LI & YIO 1966) einen Anreicherungsfaktor von >1000. In der Regel werden hierzu mehrere Anreicherungszyklen benötigt. Die Mobilisierung und Anreicherung von Gold durch regionalmetamorphe Prozesse wird von BOYLE (1955, 1959), WANLESS et al. (1960) und SAAGER (1982) als sehr effektiver Prozess beschrieben. HELGESON & GARRELS (1968), HENLEY (1973) und FOSTER

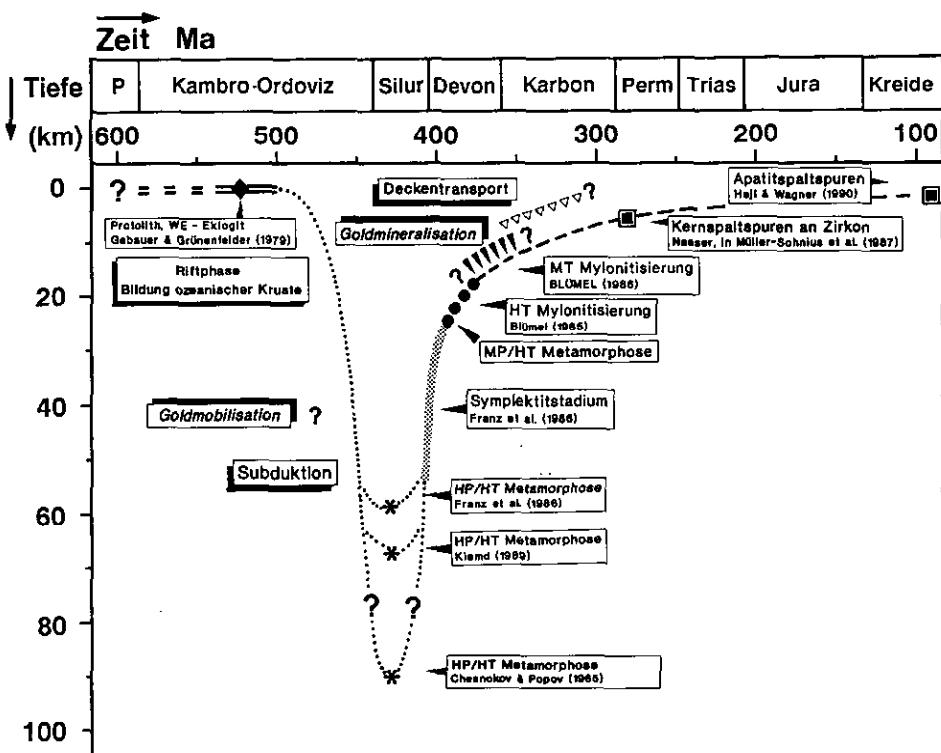


Abb. 17. Zeitgebundenes Entwicklungsschema für die Hangendserie der Münchberger Gneissmasse mit unterschiedlichen Versenkungstiefen der HP/HT-Metamorphose und den auftretenden Goldmineralisationen (GRÜNER 1990).

(1977) sehen das Gold überwiegend als Chlorokomplex in der hydrothermalen Phase vorhanden, während SEWARD (1973, 1981), RENDERS & SEWARD (1989) und SHENBERGER & BARNES (1989) eine Komplexbildung mit Thiosulfat vorschlagen.

Für den metamorphen Transport- und Konzentrationsprozeß in der Hangendserie der MM wird zu einem frühen Zeitpunkt der Metamorphose eine Mobilisation von Gold als Thiosulfatkomplex aus den primären Sulfiden der vulkanosedimentären Gesteinsserie unter erhöhten  $H_2S$ -Konzentrationen angenommen. Im weiteren Verlauf der Metamorphoseentwicklung ist wegen der hohen Salinität und Temperatur der fluiden Phase auch ein effektiver Transport als Chlorokomplex möglich gewesen. Die Veränderung der fluiden Phase während der Metamorphose wird auch durch Ni- bzw. Co-reiche Randzonen von gröberkörnigen Pyriten unterstrichen, die spätmetamorphe Anwachssäume darstellen (GRÜNER 1990). Als Präzipitationsmechanismus für die „durchlaufende“ Pyritbildung ist die Temperaturabnahme während der retrograden Metamorphose anzusehen. CRERAR et al. (1985) konnten zeigen, daß bei einer Temperaturabnahme von 300 °C in einem von Silikatmineralen gepufferten System eine starke Abnahme der Löslichkeit von  $Me^{2+}$ -Sulfiden allein durch die Änderung des pH-Wertes verursacht wird. Ein deutlich aus dem Erzgefüge ablesbarer Zusammenhang besteht zwischen der in Rissen von Pyrit auftretenden Chalkopyritmineralisation und der Goldfällung. Kleine, tröpfchenförmige Goldeinschlüsse werden von einem meist einseitig entwickelten Chalkopyritsaum in Pyrit begleitet. LARGE et al. (1989) konnten ein sehr ähnliches Verhalten von Gold und Kupfer bei hohen Temperaturen und niedrigen pH-Werten nachweisen. Die Paragenese von Gold mit Tellurid- und Bismutmineralen zeigt eine gleichzeitige Bildung unter relativ niedrigen pT-Bedingungen. AFFIFI et al. (1988) konnten für gangförmige, epithermale Gold-Tellurvererzungen zeigen, daß diese als späte Mineralisationsphase der initialen Sulfidvererzung nachfolgen. Für Tellurvererzungen werden Bildungstemperaturen von < 354 °C (Schmelzpunkt von Sylvanit) angenommen (CABRI 1965; AFFIFI et al. 1988). Neben der chemischen Ausfällung von Gold sind von KERSTEN & MÖLLER (1989) die elektrochemische Goldanreicherung an Sulfiden mit Halbleitercharakter experimentell untersucht worden. Dabei können p- und n-leitende Domänen in Pyrit Spannungsdifferenzen aufbauen, die eine hoch effektive Goldabscheidung aus  $H_2S$ -gesättigten Lösungen ermöglichen.

Zusammenfassend können für die Gold- und Tellurmineralisationen in den Metabasiten der Hangendserie folgende Hauptfällungsmechanismen in Betracht gezogen werden: i) eine Mischung von wässrigen, zum Teil  $CO_2$ -haltigen Fluiden mit stark salzhaltigen Lösungen während der retrograden Metamorphose, ii) eine Abnahme der Temperatur von ca. 350 °C auf 200 °C, iii) elektrochemische Goldabscheidung an Pyriten mit Halbleitereigenschaften. Auf die Bedeutung der pH-Änderung für die Löslichkeit von Metallen wie Au und Cu weisen CRERAR et al. (1985) hin.

Danksagung: Herrn Dr. LUTZ LAHUSEN von der PREUSSAG AG Metall möchten wir für die Überlassung von Kennmaterial aus den Aufschlußbohrungen und Prospektionsergebnissen danken. Herrn Dr. A. GILG möchten wir für Anregungen und die kritische Durchsicht des Manuskripts danken. Die Untersuchungen zu diesem Projekt wurden dankenswerterweise von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (Mo 232/16-1,2) gefördert.

## 8. Literatur

- AFIFI, A. M., KELLY, W. C. & ESSENE, E. J. (1988): Phase relations among tellurides, sulfides and oxides: II. Applications to telluride-bearing ore deposits. – *Econ. Geol.*, **18**: 489–535, Lancaster.
- ATKINSON, B. K. (1975): Experimental deformation of polycrystalline pyrite: Effects of temperature, confining pressure, strain rate and porosity. – *Econ. Geol.*, **70**: 4–487, Lancaster.
- BEHR, H. J., ENGEL, W. & FRANKE W. (1982): Variscan wildflysch and nappe tectonics in the Saxothuringian zone (northwest Bavaria, West Germany). – *Am. J. Sci.*, **282**: 1438–1470, New Haven.
- BEHR, H. J., ENGEL, W., FRANKE, W., GIESE, P. & WEBER, K. (1984): The Variscan belt in Central Europe: Main structures, geodynamic implications, open questions. – *Tectonophysics*, **109**: 15–40, Amsterdam.
- BEHR, H. J., HORN, E. E. & REUTEL, C. (1986): Gesteins- und Lagerstättenfluide der Oberpfalz. – KTB, Ergebnisse der Vorerkundungsarbeiten, Lokation Oberpfalz, Posterprogramm 2. KTB-Kolloquium, Seeheim, Odenwald, 19. 9.–21. 9. 1986.
- BLÜMEL, P. (1985): Excursion guide – Oberpfalz, 2nd international symposium on observation of the continental crust through drilling (KTB), 23–30, Coburg.
- BLÜMEL, P., FRANK, F., FRIEDRICH, G., GEHLEN, K. von, GRÄFEN, B., KEYSSNER, S., KLEEMAN, U., NIL, J. de, OKRUSCH, M., PROPACH, G., RASCHKA, H., SCHREYER, W., SCHÜSSLER, U., VOGT, J.H., VOGTMANN, J., WAGENER-LOHSE, C. & WEIHER, H. (1986): Petrologische Vorstudien der KTB-Gruppe Oberpfalz, in: 2. KTB-Kolloquium, Seeheim/Odenwald, 19. 9. bis 1. 9. 1986. – Posterprogramm, Abstract.
- BORTFIELD, R. K., KELLER, F., SIERON, B., SÖLLER, W., STILLER, M., THOMAS, R., FRANKE, W., VOLLBRECHT, A., HEINRICHS, T., DÜRBAUM, H.-J., REICHERT, C., SCHMOLL, J., DOHR, G., MEISSNER, R., BITTNER, A., GEBRANDE, H., BOPP, M., NEURIEDER, P. & SCHMIDT, T. (1988): Results of the DEKORP 4 KTB Oberpfalz deep seismic reflection investigations. – *J. Geophys. Res.*, **62**: 69–101, Washington.
- BOWERS, T. S. & HELGESON, T. C. (1983): Calculation of the thermodynamic and geochemical consequences of nonideal mixing in the system  $H_2O-CO_2-NaCl$  on phase relations in geological systems: equation of state for  $H_2O-CO_2-NaCl$  fluids at high pressures and temperatures. – *Geochim. Cosmochim. Acta*, **47**: 1247–1275, Amsterdam.
- BOYLE, R. W. (1955): The geochemistry and origin of the gold-bearing quartz veins and lenses of the Yellowknife Greenstone belt. – *Econ. Geol.*, **50**: 51–66, Lancaster.
- BOYLE, R. W. (1959): The geochemistry, origin and role of carbon dioxide, water, sulphur and boron in the Yellowknife gold deposits, N. W. T. Canada. – *Econ. Geol.*, **54**: 1506–1524, Lancaster.
- BOYLE, R. W. (1976): The geochemistry of gold and its deposits (together with a chapter on geochemical prospecting for the element). – *Canada Geol. Surv. Bull.*, **280**: 584 S., Ottawa.
- CABRI, L. J. (1965): Phase relations in the Au-Ag-Te system and their mineralogical significance. – *Econ. Geol.*, **60**: 1569–606, Lancaster.
- CHESNOKOV, B. V. & POPOV, V. A. (1965): Increase in the volume of quartz grains in South Ural eclogite. – *Doklady Akad. Nauk. SSSR*, **162**: 176–178, o.O. – [Englische Übersetzung]
- CHINTA, R. (1983): Die Erzvorkommen im nordöstlichen Teil von Bayern. – *Geol. Bl. NO-Bayern*, **33**, 1: 64–82, Erlangen.
- COLLINS, P. L. F. (1979): Gas hydrates in  $CO_2$  bearing fluid inclusions and the use of freezing data for estimation of salinity. – *Econ. Geol.*, **74**: 1435–1444, Lancaster.
- COX, S. F., ETHERIDGE, M. A. & HOBBS, B. E. (1981): The experimental ductile deformation of polycrystalline and single crystal pyrite. – *Econ. Geol.*, **76**: 2105–2117, Lancaster.

- CRERAR, D., WOOD, S., BRANTLEY, S. & BOCARSLY, A. (1985): Chemical controls on solubility of ore-forming minerals in hydrothermal solutions. – *Canad. Mineral.*, **23**, 3: 333–352, Ontario.
- CROCKET, J. H., MACDOUGALL, J. D. & HARRISS, R. C. (1973): Gold, palladium and iridium in marine sediments. – *Geochim. Cosmochim. Acta*, **37**: 2547–2556, Oxford-New York.
- DESBOROUGH, G. J. (1970): Silver depletion indicated by microanalysis of gold from placer occurrences, Western United States. – *Econ. Geol.*, **65**: 304–311, Lancaster.
- DIETEL, K. (1959): Vom Goldbergbau rund um Plösen. – Zwischen Fichtelgebirge und Frankenwald, Fränkischer Heimatkalender **1959**, 46–48, o. O.
- DIETEL, K. (1963, Stadt Münchberg [Hrsg.]): Münchberg, Geschichte einer Amts- und Industriestadt, Band 1: Bis zum Übergang an Bayern 1810, XXIV, 578, 20 S., Münchberg.
- DILL, H. G. (1985): Die Vererzung am Westrand der Böhmischen Masse – Metallogenese in einer ensialischen Orogenzone. – *Geol. Jb.*, **D 73**: 3–461, Hannover.
- EMMERT, U., HORSTIG, G. VON & STETTNER, G. (1981): Geologische Übersichtskarte 1: 200 000, Blatt Nr. CC 6334 Bayreuth. – Hannover (BGR).
- FOSTER, R. P. (1977): The geochemistry of gold with reference to Archaen mineralization in Rhodesia. – Univ. Rhodesia Inst. Mining Res., Rept., **25**: 36 S., Salsbury.
- FRANKE, W. (1984): Variszischer Deckenbau im Raum der Münchberger Gneismasse – abgeleitet aus Fazies, Deformation und Metamorphose im umgebenden Paläozoikum. – *Geotekt. Forsch.*, **68**: 253 S., Stuttgart.
- FRANKE, W. (1989): Variscan plate tectonics in Central Europe – current ideas and open questions. – *Tectonophysics*, **169**: 221–228, Amsterdam.
- FRANZ, G., THOMAS, S. & SMITH, D. C. (1986): High pressure phengite decomposition in the Weissenstein eclogite, Münchberg Gneiss Massif, Germany. – *Contrib. Mineral. Petrol.*, **92**: 71–85, Berlin-Heidelberg.
- GAERTNER, H. R. VON (1951): Probleme des Saxothuringikums. – *Geol. Jb.*, **65**: 409–450, Hannover.
- GANDL, J. (1992): Zur Faziesentwicklung im jüngeren Paläozoikum NE-Bayerns. – *Zbl. Geol. Paläont.*, **1**: 21–43, Stuttgart.
- GAYK, T., KLEINSCHRODT, R., LANGROSCH, A & SEIDEL, E. (1995): Quartz exsolution in clino-pyroxene of high pressure granulite from the Münchberg Massif. – *Eur. J. Mineral.*, **7**: 1217–1220, Stuttgart.
- GEBAUER, D. & GRÜNENFELDER, R. (1979): U-Pb Zirkon and Rb/Sr Mineral dating of eclogites and their country rocks, example: Münchberger Gneismasse, Northeast Bavaria. – *Earth Planet. Sci. Lett.*, **42**: 35–44, Amsterdam.
- GEHRIG, M., LENTZ, H. & FRANCK, E. U. (1979): Thermodynamic properties of watercarbon dioxide-sodium chloride mixtures at high temperatures and pressures. – In: TIMMERHAUS K. D. & BARBER M.S. [eds.]: High pressure science and technology, **1**, Physical properties and material synthesis: 539–542, New York (Plenum Press).
- GOLDSCHMIDT, V. M. (1954): Geochemistry. – 730 S., Oxford (Clarendon Press).
- GRÜNER, F. (1986): Geologisch-lagerstättenkundliche Untersuchungen am Goldvorkommen bei Plösen (Münchberg) in der Münchberger Gneismasse. – Unveröff. Dipl.-Arb., TU München, 185 S., Garching.
- GRÜNER, F. (1990): Zur Genese der Goldvererzungen in den Amphiboliten der Hangendserie der Münchberger Gneismasse, NE-Bayern. – Diss. TU München, 259 S., Garching.
- GRÜNER, F., HATZL, T. & MORTEANI, G. (1986): Freigold-Vorkommen in der Hangendserie im Zentralgebiet der Münchberger Gneismasse (MM) bei Plösen und Ahornberg, NE-Bayern. – *Fortschr. Mineral.*, **64**, Beih. 1: 61, Stuttgart.

- GRÜNER, F., HATZL, T. & MORTEANI, G. (1989): Gold in amphibolites of the Münchberg Gneiss Massif, north-eastern Bavaria. – International Symposium Gold 89 in Europe, Toulouse, France, Terra abstracts, **1**: 28–29, Toulouse.
- GRÜNER, F. & MORTEANI, G. (1990): Hochdruckrelikte in goldführenden Metabasiten der Hangendserie der Münchberger Gneismasse, NE-Bayern. – Eur. J. Mineral., **2**, Beih. 1: 84, Stuttgart.
- GÜMBEL, C.W. (1861): Über das Alter der Münchberger Gneisparthe im Fichtelgebirge. – N. Jb. Mineral. Paläont., 257–277, Stuttgart.
- GÜMBEL, C. W. (1879): Geognostische Beschreibung des Fichtelgebirges mit dem Frankenwalde und dem westlichen Vorland. – 698 S., Gotha (Perthes).
- HALLBAUER, D.K. & UTTER, T. (1977): Geochemical and morphological characteristics of gold particles from recent river deposits and the fossil placers of the Witwatersrand. – Mineral. Deposita, **12**: 293–306, Berlin.
- HATZL, T. (1986): Geologisch-lagerstättenkundliche Untersuchungen am Goldvorkommen bei Ahornberg (Münchberg) mit einer Bachsedimentprospektion auf Gold in der Münchberger Gneismasse. – Unveröff. Dipl.-Arb., TU München, 264 S., Garching.
- HEJL, E. & WAGNER, G. A. (1990): Geothermische und tektonische Interpretation von Spaltspurdaten am Beispiel der Kontinentalen Tiefbohrung in der Oberpfalz. – Naturwiss., **77**: 201–213, Berlin.
- HELGESON, H. C. & GARRELS, R. M. (1968): Hydrothermal transport and deposition of gold. – Econ. Geol., **63**: 622–635, Lancaster.
- HENLEY, R. W. (1973): Solubility of gold in hydrothermal chloride solutions. – Chem. Geol., **11**: 73–87, Amsterdam.
- HOLLISTER et al. in: HOLLISTER, L. S. & CRAWFORD, M. L. (1981): Short course in fluid inclusions. – Applications to petrology. – Mineral. Assoc. Canada, Short Course Handbook, **6**: 304 S., Calgary.
- KERRICH, R. (1976): Some effects of tectonic recrystallisation on fluid inclusions in vein quartz. – Contrib. Mineral. Petrol., **59**: 195–202, Berlin-Heidelberg.
- KERSTEN, G. & MöLLER, P. (1989): Experimentelle Goldabscheidung an Sulfiden. – Ber. DMG, Beih. Eur. J. Mineral., **1**: 92, Stuttgart.
- KLEMD, R. (1989): P-T evolution and fluid inclusion characteristics of retrograded eclogites, Münchberg Gneiss Complex, Germany. – Contrib. Mineral. Petrol., **102**: 221–229, Berlin-Heidelberg.
- KLEMD, R. (1993): Thermobarometrie und Mineralungleichgewichte in Eklogiten und hochdruckfaziellen Metasedimenten vom Weissenstein, Münchberger Gneismasse. – Z. geol. Wiss., **21**: 143–152, Berlin.
- KLEMD, R., MATTHES, S., OKRUSCH, M. (1991): High pressure relics in meta-sediments intercalated with the Weissenstein eclogite, Münchberg gneiss complex, Bavaria. – Contrib. Mineral. Petrol., **107**: 328–342, Berlin-Heidelberg.
- KLEMD, R., KERKHOF, A. M. VAN DEN & HORN, E. E. (1992): High density CO<sub>2</sub>-N<sub>2</sub> inclusions in eclogite – facies metasediments of the Münchberg gneiss complex, SE Germany. – Contrib. Mineral. Petrol., **111**: 409–419, Berlin-Heidelberg.
- KOSSMAT, F. (1927): Gliederung des varistischen Gebirgsbaues. – Abh. Sächs. Geol. L.-Amt, **1**: 39 S., Leipzig.
- KRAUS, E. (1951): Vergleichende Baugeschichte der Gebirge. – 587 S., Berlin (Akad.-Verl.).
- KRAUS, L. (1954): Die geologische Stellung der Prasinit-Phyllit-Serie in der Umrandung der Münchberger Gneismasse. – Unveröff. Diss., 84 S., Würzburg.

- KREBS, W. & WACHENDORF, H. (1973): Proterozoic-paleozoic geosynclinal and orogenic evolution of Central Europe. – *Geol. Soc. Am. Bull.*, **84**: 2611–2629, Boulder, Colorado.
- KREUZER, H., SEIDEL, E., SCHÜSSLER, U., OKRUSCH, M., LENZ, K.-L. & RASCHKA, H. (1989): K-Ar geochronology of different tectonic units at the northwestern margin of the Bohemian massif. – *Tectonophysics*, **157**: 149–178, Amsterdam.
- LARGE, R. R., HUSTON, D. L., McGOLDRICK, P. J. & RUXTON, P. A. (1989): Gold distribution and genesis in Australian volcanogenic massive sulfide deposits and their significance for gold transport models. – *Econ. Geol. Monograph ser.*, **6**: 520–536, Lancaster.
- LEHRBERGER, G. & MORTEANI, G. (1994): Goldlagerstätten und Goldbergbau in Bayern. – In: WALDHAUSER, J., LEHRBERGER, G. & MORTEANI, G. [Hrsg.]: *Goldland Gabreta. Aufsatzbd. Ausstellung Techn. Nationalmus. Prag*, 69–74, Prag.
- LEROUX, J. (1979): Contribution à l'étalement de la pression interne des inclusions fluides lors de leur décrémation. – *Bull. Minéral.*, **102**: 584–593, Paris.
- LI, T. & YIO, C. L. (1966): The abundance of chemical elements in the earth's crust and its major tectonic units. – *Sci. Sinica*, **15**: 258–272, Beijing.
- LINKE, W. F. (1958): Solubilities of inorganic and metal-organic compounds. – Vol. 1, 4th edition: 1487 S., Princeton.
- MASON, B. & MOORE, C.B. (1982): Principles of geochemistry. – 350 S., Chichester (Wiley).
- MATTHES, S. & SCHMIDT, K. (1974): Eclogites of the Münchberg Mass, NE-Bavaria. – *Fortschr. Mineral.*, **52**: 33–57; Stuttgart.
- MORÁVEK, P. et al. (Aut.-Koll., 1992): Zlato v Českém masívu [Gold in the Bohemian Massif]. – 245 S., Prag (Czech Geol. Surv.).
- MÜLLER-SOHNIES, D., DRACH, V. von, HORN, P. & KÖHLER, H. (1987): Altersbestimmungen an der Münchberger Gneismasse, Nordost-Bayern. – *N. Jb. Miner. Abh.*, **156**: 175–206, Stuttgart.
- NICHOLLS, J. & CRAWFORD, M. L. (1985): Fortran programs for calculation of fluid properties from microthermometric data on fluid inclusions. – *Computers and Geosci.*, **11**: 619–645, New York (Pergamon).
- OKRUSCH, M., MATTHES, S., KLEMD, R., O'BRIEN, P. J. & SCHMIDT, K. (1991): Eclogites at the north-western margin of the Bohemian Massif: A review. – *Eur. J. Mineral.*, **3**: 707–730, Stuttgart.
- PAAR, W. H. & CHEN, T. T. (1982): Ore mineralogy of the Waschgang gold-copper deposit, Upper Carinthia, Austria. – *Tschermaks mineral. Petrol. Mitt.*, **30**: 157–175, Stuttgart.
- POTTER, R. W., CLYNNE, M. A. & BROWN, D. L. (1978): Freezing point depression of aqueous chloride solutions. – *Econ. Geol.*, **73**: 284–285, Lancaster.
- PUCHELT, H., MATTHES, S. & RICHTER, P. (1978): Aussagemöglichkeiten der Seltenen Erden und anderer Spurenelemente für die Eklogite des Münchberger Gneisgebietes. – *Fortschr. Mineral.*, **56**: 106–108, Stuttgart.
- REITZ, E. & HÖLL, R. (1988): Jungproterozoische Mikrofossilien aus der Habachformation in den mittleren Hohen Tauern und dem nordostbayrischen Grundgebirge. – *Jb. Geol. B.-A.*, **131**: 329–340, Wien.
- RENDERS, P. J. & SEWARD, T. M. (1989): The stability of hydrosulphido- and sulphido-complexes of Au(I) and Ag(I) at 25 °C. – *Geochim. Cosmochim. Acta*, **53**: 245–253, Oxford-New York.
- REUTEL, C. & HORN, E. E. (1988): Ramanspektroskopie und Mikrothermometrie an Mineralien und Flüssigkeitseinschlüssen. – 1. KTB-Schwerpunkt Kolloquium, 28.–29.1.1988, Gießen.
- ROEDDER, E. (1984): Fluid inclusions. – *Rev. Mineral.*, **12**: 646 S., Blacksburg (Mineral. Soc. America).

- SAAGER, R. (1982): Die primäre Herkunft des Goldes in epigenetischen Lagerstätten. – Fortschr. Mineral., **60**: 235–258, Stuttgart.
- SCHUBERTH, H. (1930): Auf der Suche nach Gold im nördlichen Oberfranken. – Der Siebenstern, **4**: 5, Hof.
- SCHÜSSLER, U., RICHTER, P. & OKRUSCH, M. (1989): Metabasites from the KTB Oberpfalz target area, Bavaria – geochemical characteristics and examples of mobile behaviour of immobile elements. – Tectonophysics, **157**: 135–148, Amsterdam.
- SCHWAN, W. (1974): Die sächsischen Zwischengebirge und Vergleiche mit der Münchberger Gneismasse und anderen analogen Kristallinvorkommen im Saxothuringikum. – Erlanger Geol. Abh., **99**: 189 S., Erlangen.
- SEWARD, T. M. (1973): Thio complexes of gold and the transport of gold in hydrothermal ore solutions. – Geochim. Cosmochim. Acta, **37**: 370–399, Oxford-New York.
- SEWARD, T. M. (1981): Hydrothermal transport and deposition of gold. – Gold mineralization, **3**: 44–55, Perth (Univ. W.-Australia).
- SHENBERGER, D. M. & BARNES, H. L. (1989): Solubility of gold in aqueous sulfide solutions from 150–350 °C. – Geochim. Cosmochim. Acta, **53**: 269–278, Oxford-New York.
- SHEPHERD, T. J. (1981): Temperature programmable, heating-freezing stage for microthermometric analysis of fluid inclusions. – Econ. Geol., **76**: 1244–1247, Lancaster.
- STETTNER, G. (1960a): Über den Bau und Entwicklung der Münchberger Gneismasse. – Geol. Rdsch., **49**: 350–389, Berlin.
- STETTNER, G. (1960b): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 5836 Münchberg. – 163 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- STETTNER, G. (1970): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 5736 Helmreichs. – 176 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- STETTNER, G. (1992): Geologie im Umfeld der Kontinentalen Tiefbohrung Oberpfalz. Einführung und Exkursionen. – 240 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- STETTNER, G. (1993): Spätkaledonische Subduktion und jungvariskischer Deckenbau im Westteil der Böhmischem Masse. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **187**: 137–182, Stuttgart.
- STOSCH, H.G. & LUGMAIR, G. W. (1986): Geochemistry and evolution of eclogites from the Münchberg Gneiss massif, West Germany. – Terra Cognita, **6**, 2: 254, Strasbourg.
- STOSCH, H.G. & LUGMAIR, G. W. (1987): Geochronology and geochemistry of eclogites from the Münchberg Gneiss massif, FRG. – Terra Cognita, **7**: 163, Strasbourg.
- SUESS, F. E. (1912): Vorläufige Mitteilungen über die Münchberger Deckscholle. – Sitz.-Ber. Akad. Wiss. Wien, Math.-nat. Kl., **121** (Abt. IIa, H10), 235 S., Wien.
- VOLLBRECHT, A. (1981): Tektonogenetische Entwicklung der Münchberger Gneismasse (Quarzkorngefüge-Untersuchungen und Mikrothermometrie an Flüssigkeitseinschlüssen). – Diss. Univ. Göttingen, 122 S., Göttingen.
- VOLLBRECHT, A., WEBER, K. & SCHMOLL, J. (1989): Structural model for the Saxothuringian-Moldanubian suture in the Variscan basement of the Oberpfalz (Northeastern bavaria, FRG) interpreted from geophysical data. – Tectonophysics, **157**: 123–133, Amsterdam.
- WANLESS, R. K., BOYLE, R. W. & LOWDON, J. A. (1960): Sulfur isotope investigation of the gold quartz deposits of the Yellowknife district. – Econ. Geol., **55**: 1591–1621, Lancaster.
- WINCHESTER, J. A.. & FLOYD, P. A. (1977): Geochemical magmatotype discrimination: Applicability to basic igneous rocks. – Earth Planet. Sci. Lett., **28**: 459–469, Amsterdam.
- WOOD, D. A., JORON, J. J. & TREUIL, M. (1979): A re-appraisal of the use of trace elements to classify and discriminate between magma series erupted in different tectonic settings. – Earth. Planet. Sci. Lett., **45**: 326–336, Amsterdam.

WURM, A. (1928): Der Bauplan des variskischen Gebirges in Bayern. Ein Beitrag zum Bewegungsmechanismus des variskischen Gebirges. – N. Jb. Mineral., Beil. **60**: 473–530, Stuttgart.

WURM, A. (1961): Geologie von Bayern. – 2. Auflage, 555 S., Berlin (Borntraeger).

YEEND, W. (1975): Experimental abrasion of detrital gold. – J. Res. US Geol. Surv., **3**, 2: 203–212, Reston.

Manuskript eingegangen bei der Redaktion am 24. 6. 1997.

# Geländespuren und Geschichte des Goldbergbaues in der Münchberger Gneismasse und im Frankenwald, Oberfranken

Von KLAUS RAUH und GERHARD LEHRBERGER

Mit 10 Abbildungen

## Kurzfassung

Lange Zeit wurde im Bereich der zentralen Münchberger Gneismasse Gold abgebaut. Das Gold kam sowohl als Berggold auf primärer Lagerstätte wie auch als Seifengold (sekundär) vor. Heute noch sichtbare Spuren des Goldbergbaues sind sogenannte „Waschhügel“, „Seifenhügel“ oder „Reuthalden“. Dabei handelt es sich um ausgewaschenes und am Rande der Flüsse in Hügelform aufgeworfenes Material. Diese Hügel sind besonders an den Flüssen Pulschnitz und am Untreubach zu finden. In Plösen nahe Münchberg war bis vor wenigen Jahrzehnten noch eine tiefe Pinge im Gelände zu sehen. Weitere Überreste des Goldbergbaus sind heute in Form eines Schürfgrubenfeldes nahe Plösen sichtbar.

Erste Hinweise auf frühen Goldbergbau in Oberfranken liefern neben Spuren im Gelände zunächst charakteristische Flurnamen und Sagen. Zahlreich spiegelt sich in ihnen der Bergbau wider. Meist ist, gerade beim Gold, ein direkter Zusammenhang zwischen dem Flurnamen und dem auf dieser Flur betriebenen Bergbau nachweisbar, so z. B. im Falle der „Goldgrube“ und des „Goldbaches“ bei Plösen nahe Münchberg. Häufig bezeugen auch Sagen bergbauliche Tätigkeit, dies auch an Orten, an denen Geländespuren schon längst zerstört sind. Besonders sind die im Bereich Oberfrankens und der Oberpfalz verbreiteten „Walen“-Sagen hervorzuheben.

In den viel zitierten „Walen“ oder „Venetianern“ wird häufig der slawische Volksstamm der Vallen gesehen. Die Vallen kamen aus Böhmen und waren bereits im 6. Jahrhundert in Oberfranken ansässig. Sie dürften aufgrund ihrer Herkunft bereits mit dem Bergbau vertraut gewesen sein. Es könnte sich aber auch um die, über Sachsen eingedrungenen, sorbischen oder wendischen Völker gehandelt haben, die erste Bergbauversuche in Oberfranken anstellten. Nach der Vertreibung der Slawen setzte sich der Goldbergbau in Oberfranken fort und ist ab dem 13. Jahrhundert urkundlich belegt. Ausgangspunkt für die Erschließung der Goldvorkommen im Bereich der Münchberger Gneismasse dürfte Goldkronach gewesen sein.

Schon in einer Urkunde vom 11. März 1324 wird Münchberg als Bergbauort genannt. Obwohl genauere Aufzeichnungen fehlen, muß die Ausbeute der Seifenwerke und Gruben damals recht ergiebig gewesen sein. Die Geschichte des Goldbergbaues um Münchberg läßt sich ab diesem Datum – immer wieder durch Kriegsergebnisse und häufig wechselnde Eigentumsverhältnisse unterbrochen – bis in das 18. Jahrhundert weiterverfolgen, wobei die Erträge zu späteren Zeiten stark abnahmen. Letzte Versuche der Goldgewinnung wurden in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts unternommen.

Im Bereich des bayerischen Vogtlandes und des Frankenwaldes wurde nur an wenigen Orten Gold gewonnen, so in der Nähe der Städte Hof und Bad Steben. Die Goldgewinnung hat dort nie große wirtschaftliche Bedeutung erlangt.

## Abstract

This paper deals with the traces and history of gold mining in Upper Franconia. For a long time gold was extracted in the area of the central Münchberg Gneiss Massif (Fig. 1). Gold was extracted both as in-situ gold and alluvial gold. Traces of gold mining consist mainly of placer dumps. These are gravel dumps remaining on the banks of rivers, particularly on the Pulschnitz river and Untreubach (Fig. 1: Locality No. 1 and No. 6/1–6/7). The day fall of a collapsed mine could be seen in a field at Plösen near Münchberg until some decades ago. Smaller remains of gold mining can still be seen as placer dumps near Plösen (Fig. 2).

First indications of early gold mining activities in Upper Franconia, apart from their traces in the field, can be gleaned from characteristic place names and legends. In these, the desired ore and the manner of extraction are reflected in many cases. Often, especially in the case of gold, a direct correlation can be established between the place name and the mining activity that took place in the area as, for example, at "Goldgrube" and "Goldbach" near Plösen close to Münchberg (ref. fig. 1 and 2). Legends also give evidence of early mining activities which also occurred in places where traces in the field have long since been destroyed. Particular mention is here made of widespread legends of the so-called "Walen" in the areas of Upper Franconia and Oberpfalz. The much-quoted "Walen" or "Venetians" were a Slav tribe who, already in the 6th century, came from Bohemia during the great tribal movement. They settled in Upper Franconia and probably carried out various mining activities. Sorbic and Wendic tribes who had come from Saxonia may also have done some of early mining. After the expulsion of the Slavs, gold mining continued in Upper Franconia and was first officially recorded in documents of the 13th century. Development of gold mining in the Münchberg Massif may have originated from Goldkronach.

Already on March 11, 1324 a document mentions Münchberg as a mining town. Although exact figures are lacking, extraction of the gold must have been satisfactory. The story of gold mining around Münchberg can be traced from this date, in spite of wars and frequent ownership changes, until the 18th century when production was greatly reduced. Final attempts at gold mining were carried out in the first half of the 18th century.

Gold was also mined in a few places in the area of the Bavarian "Vogtland" and the Franconian Forest near the towns of Hof and Bad Steben. The extraction of gold there would not have been satisfactory.

## Inhalt

1.	Geländespuren im Bereich der Münchberger Gneismasse .....	78
2.	Der Goldbergbau in alten Flurnamen .....	84
3.	Sagen und Ursprung des Goldbergbaues in Oberfranken .....	86
4.	Goldgewinnung in der zentralen Münchberger Gneismasse um Münchberg, Plösen, Jehsen und Ahornberg .....	87
5.	Goldgewinnung im bayerischen Vogtland und im Frankenwald .....	97
6.	Prospektionsaktivitäten in neuerer Zeit .....	98
7.	Literatur .....	99

## **1. Geländespuren im Bereich der Münchberger Gneismasse**

Auch heute sind im Bereich der zentralen Münchberger Gneismasse noch Spuren des alten Goldbergbaues, der hier über Jahrhunderte hinweg betrieben wurde, sichtbar. Am auffälligsten dürften die hügelförmigen Aufschüttungen ausgewaschenen Materials an den Flüssen sein, die „Waschhügel“, auch „Seifenhügel“ (von „seifnen“ = Auswaschen von Schwermineralen aus Flussedimenten) oder

Reuthalden genannt werden. Ein Bericht aus dem Jahre 1885 belegt, daß diese Reuthalden noch Ende des vergangenen Jahrhunderts häufig anzutreffen waren: „*Alte Erdhügel an den Bächen. An mehreren Wasserläufen des Amtsgerichtes stößt man auf alte Erdaufwürfe, meist unregelmäßig aneinander gereihten Hügeln gleichend, manchmal aber, wie an der Pulschnitz zwischen der Poppenreuther und der Plösener Mühle, zu ansehnlicher Höhe aufgetürmt. Außer an der Pulschnitz finden sich solche Aufwürfe u. a. an der Oelschnitz zwischen den Dörfern Solg und Oelschnitz, der Reba gegenüber, dann am Enzius- und Eierbach ... Die Umwohner wissen nur anzugeben, daß diese Hügel von jeher da waren, über die Bedeutung derselben vermögen sie nichts zu sagen. Es sind dies aber die Ueberreste von sogenannten „Seifenwerken“, welche in der Weise betrieben wurden, daß man längs eines Baches bergaufwärts aus den Ufern und anliegenden Höhen die Erde stach, sie mittels des Wassers reinigte und so die edlen Bestandteile gewann ... Der Ursprung dieser Seifenwerke röhrt von den wendischen Ansiedlern her, was schon daraus zu entnehmen ist, daß solche sich fast ausschließlich an Bächen und bei Ortschaften befinden, die slavische Namen haben. – Es sind hierbei auch zu erwähnen die Goldwäschchen am Goldbächlein bei Schödlas“* (MÜNCHBERGER WOCHENBLATT 1885). Die meisten in diesem Bericht erwähnten Waschhügelfelder sind heute nicht mehr vorhanden (Abb. 1 und Abb. 2). Am Enzius- und Eierbach bei Helmbrechts sind kaum mehr Reste von Goldseifenwerken sichtbar. Nur drei Kilometer südöstlich von Helmbrechts, bei der Geigersmühle, haben sich in einem Waldgelände am Selbitz-Fluß noch deutliche Spuren in Form von Seifenhügeln und tiefen Schürfgruben erhalten (Abb. 1: Lok. 7). Am Oberlauf des Ölschnitzflusses wurde früher an verschiedenen Stellen Seifengold gewonnen. Davon ist heute nur noch eine kleine Anlage etwa 300 m südlich der Fleisnitzmühle südöstlich von Stammbach erhalten (Abb. 1: Lok. 8). Auch nördlich von Stammbach sind noch vereinzelt Waschhügel anzutreffen (Abb. 1: Lok. 9).

Der Begriff „Reuthalden“ oder „Raithalden“ wird speziell im Erzgebirge für die dortigen Zinnseifen verwendet (WAGENBRETH et al. 1990: 196). Er bezieht sich nach VEITH (1870/1871: 379) wohl auf das Anhäufen von mit der „Reutgabel“ abgesiebten gröberen Anteilen des Kieses beim Betrieb eines Seifenwerkes. Daneben wurde der Begriff „Reute“ auch für den Seifenabbau im eigentlichen Sinne von „aus der Erde reißen“ und „völlig umgraben“ verwendet (VEITH 1870/1871: 379). Obwohl für ganz Oberfranken archäologische Befunde fehlen, ist anzunehmen, daß hier – ähnlich wie in Böhmen – das Gold mittels Waschrinnen und Waschpfannen, also rein gravitativ, gewonnen wurde.

Einige Lokalitäten wurden in der Zusammenstellung von CHINTA (1983) bereits genannt, jedoch weitgehend ohne detaillierte Quellenangaben. Eine erste Kartierung der Geländespuren und Untersuchung der Goldgehalte in den Bachsedimenten erfolgte durch HATZL (1986) und GRÜNER (1986). Die hier vorgelegten Ergebnisse beruhen auf einer umfassenden Neurecherche der Archivalien bzw. montanhistorischer Berichte und auf detaillierten Geländebegehungen, Befragungen und umfangreichen Probenahmen durch die Autoren.

Bei Plösen (Abb. 1: Lok. 1) südwestlich von Münchberg sind Waschhügel am Oberlauf der Pulschnitz noch deutlich als bis zu 2 m hohe Aufschüttungen sichtbar (GRÜNER 1986: 68 f.). Die Reuthalden sind nur in Waldstücken erhalten, wie

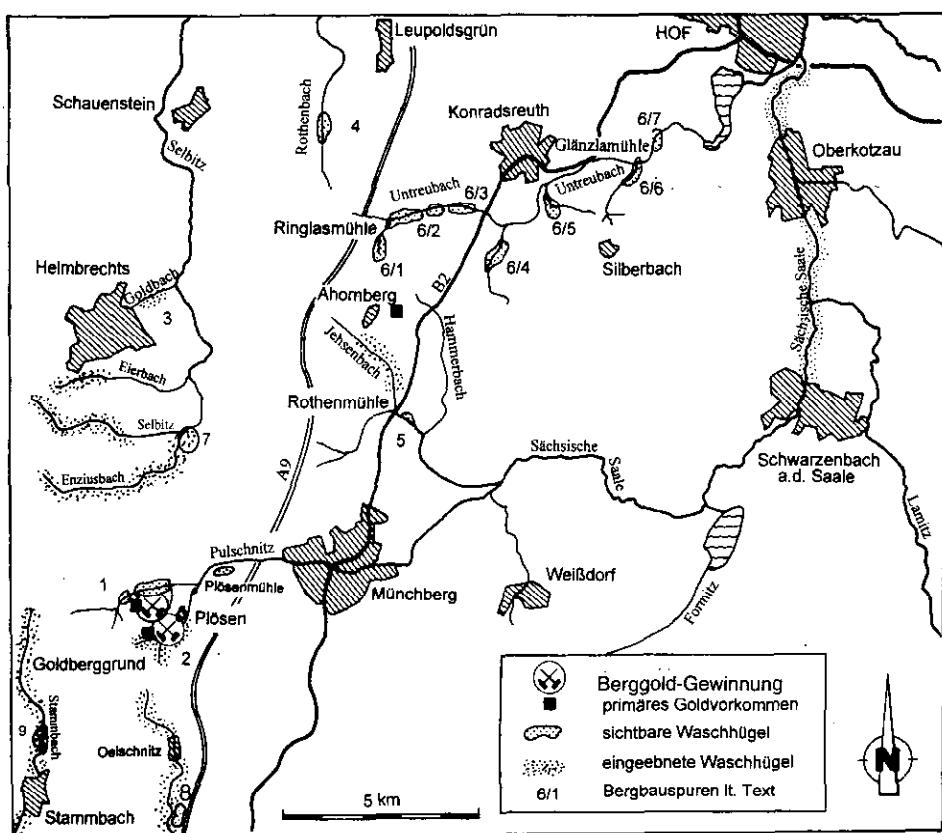


Abb. 1. Übersichtskarte der Bergbauspuren der Goldgewinnung in der Münchberger Gneismasse.

beispielhaft am Nordrand des „Grünen Holzes“ zu beobachten ist (Abb. 2). Die Reuthalden bilden zusammenhängende Hügelketten, die von grabenartigen Ausschürfungen begleitet werden. Südwestlich anschließend liegt am Nordrand des „Hütholzes“ ein ausgedehntes Schürfgrubenfeld (Abb. 1: Lok. 1, Abb. 2 u. 3). Die etwa 70 runden Gruben haben einen Durchmesser von ca. 3–5 Meter und sind maximal 1 Meter tief. Dieses Gebiet wird von alters her „die Goldgrube“ genannt. Mit dem Schürfgrubenfeld zusammenfallende Goldanomalien im Boden lassen hier auf alte Goldbergbauversuche schließen.

Auch am gesamten Oberlauf des Goldbaches bei Plösen und seiner Zuflüsse (Abb. 1: Lok. 2 und Abb. 2) dürften sich früher ausgedehnte Waschhügelfelder befunden haben, diese wurden jedoch im Zuge der landwirtschaftlichen Nutzung als Wiesenfläche eingeebnet. Im Spätherbst und nach der Schneeschmelze sind Reste dieser Waschhügelfelder als morphologische Unebenheiten auch heute noch andeutungsweise sichtbar. Dies gilt auch für das ehemalige Seifenhaldenfeld am Oberlauf des Goldbaches am nordöstlichen Stadtrand von Helmcrechts (Abb. 1: Lok. 3).

Ein kleiner Bereich mit gut erhaltenen Waschhügeln befindet sich etwa 1,5 km südwestlich Leupoldsgrün an der Spitze eines Waldstückes am Oberlauf des Rothenbaches (Abb. 1: Lok. 4). Als bis 2 Meter hohe, meist dammartig nebenein-

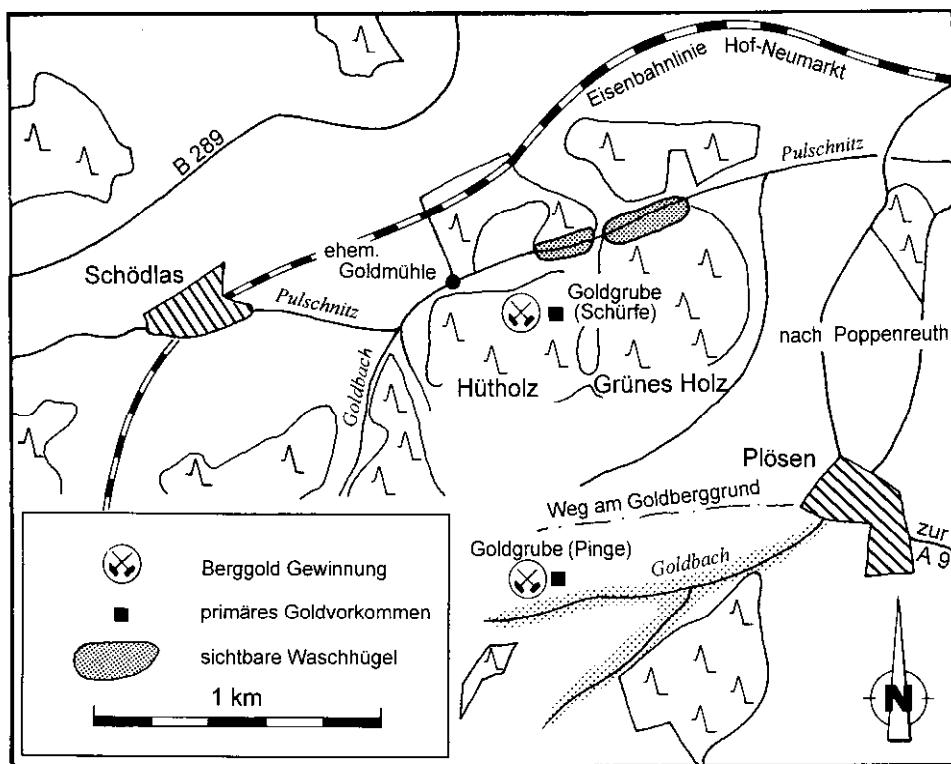


Abb. 2. Bergbauspuren im Goldberggrund bei Plösen.

ander liegende Aufschüttungen begleiten die Reuthalden hier den Rothenbach. SCHUBERTH (1930: 72) erwähnt für das Jahr 1598 ein Goldseifenwerk „am Röthenbach“; genauere Nachrichten sind hierüber nicht bekannt.

Im Bereich des Waschhügelfeldes am Rothenbach ist noch gut zu erkennen, daß der Rothenbach zeitweise etwas umgeleitet wurde, um die Talschotter auch neben dem aktuellen Bachlauf auswaschen zu können. Dies gilt auch für das kleine Waschhügelfeld am Südrand eines Waldstückes (im Wildgatter) gegenüber der Rothenmühle an der Bundesstraße 2 (Abb. 1: Lok. 5). An dem in der Nähe liegenden Jehsenbach südlich Ahornberg, der häufig im Zusammenhang mit Goldseifenwerken erwähnt wird, haben sich keine Reste der Goldwaschtätigkeit erhalten.

Im Bereich der primären Goldvorkommen östlich von Ahornberg sind ebenfalls keine Bergbauspuren mehr erkennbar (HATZL 1986), abgesehen von dunklen Verfärbungen im zeitigen Frühjahr, die aufgrund vermehrter Wasseransammlung in ehemaligen Schürfgruben entstanden sein könnten.

Sicherlich zu den eindrucksvollsten Bergbauspuren zählt das im Waldstück unmittelbar östlich der Ringlasmühle am Zusammenfluß der beiden Quellbäche des Untreubaches noch erhaltene Waschhügelfeld (Abb. 1: Lok. 6/2; Abb. 4). Wie im Abschnitt 4 dieses Beitrages aufgezeigt wird, dürften diese Seifenhalden recht



Abb. 3. Schürfgrubenfeld am Nordrand des „Hütholzes“ bei Plösen. – Foto: RAUH 1994.

spät, in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts im Zuge der Arbeiten der Gewerkschaft „Treue Freundschaft“ entstanden sein. Die größten Hügel sind hier etwa 4 Meter hoch (Abb. 5).

Neben einem bereits stark eingeebneten Waschhügelfeld am südlichen Quellfluß des Untreubaches (Abb. 1: Lok. 6/1), sind immer wieder am Bachrand bis zur Brücke an der Bundesstraße 2 in Waldgebieten isolierte Reste von Waschhügelfeldern erkennbar (Abb. 1: Lok. 6/3), die jedoch bedeutend älter als die Reuthalden bei der Ringlasmühle sein dürften. Bereits KRETSCHMANN (1741: I/40 f.) weist auf diese ausgedehnten Waschhügelfelder entlang des Untreubaches hin. Die Ausdehnung und Höhe dieser Seifenhügel sind deutlich geringer als die bei der Ringlasmühle.

Auch aus den Zuflüssen des Untreubaches versuchte man Gold zu gewinnen. Am Ufer des kleinen Baches, der die Waldabteilung „Hohenzellig“, etwa 2 km südlich Konradsreuth durchfließt, sind im Bereich des Hochwaldes ebenfalls zahlreiche Waschhügel erhalten geblieben (Abb. 1: Lok. 6/4). Auch hier wurde der Bach mehrfach umgeleitet.

Eine Anlage besonderer Art stellt der tiefe, etwa 200 Meter lange Graben im Westteil der Waldabteilung „am Stein“, etwa 1 km südöstlich Konradsreuth dar (Abb. 1: Lok. 6/5). Am oberen Ende dieses Grabens befinden sich neben weiteren kleineren Gräben zahlreiche Schürfgruben und Halden. Neben Gold könnte hier auch Zinnstein gewonnen worden sein (WENZEL 1888).

Entlang dem Unterlauf eines kleinen Baches, etwa 3 km östlich Konradsreuth, bei der Glänzlamühle, finden sich in einem Waldstück zahlreiche Seifenhügel

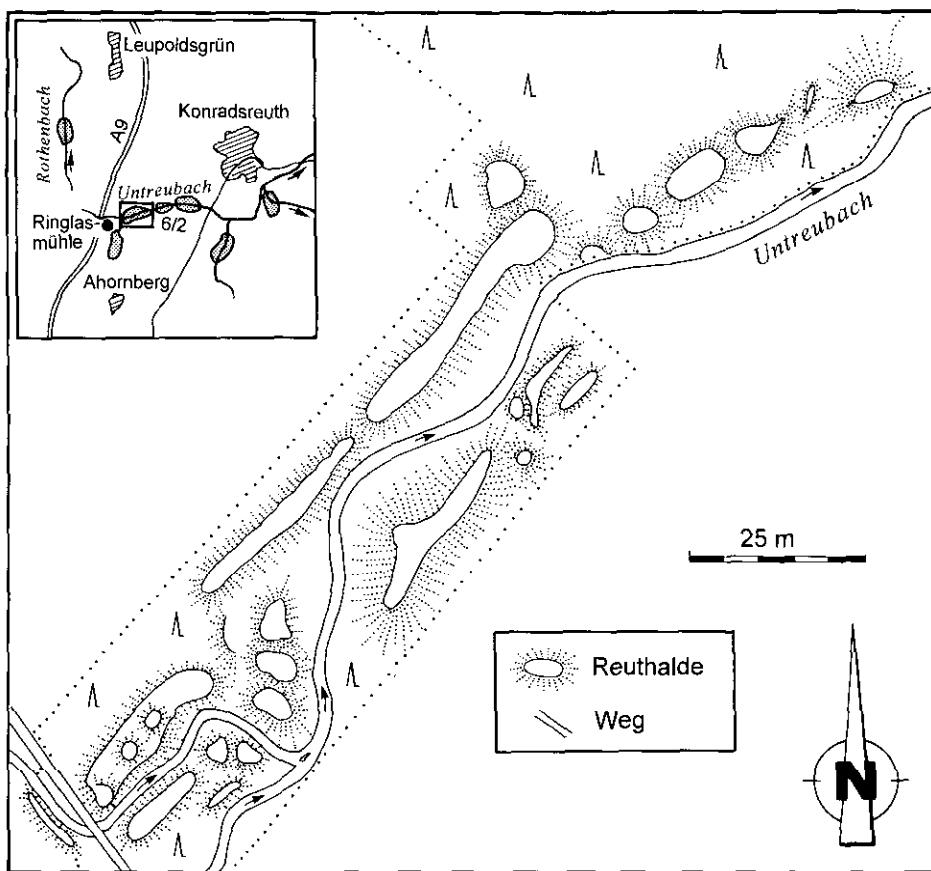


Abb. 4. Lageplan der Abbauspuren an der Ringasmühle am Untreubach.

(Abb. 1: Lok. 6/6), die ebenfalls wieder bis 2 Meter hoch dammartig aufgeschüttet wurden. Flußabwärts finden sich am Untreubach weitere Waschhügel, die allerdings bereits stark verschliffen sind (Abb. 1: Lok. 6/7). Der Untreubach mündet heute in den künstlich angestauten Untreusee am südlichen Ortsrand von Hof/Saale.

Reste alter Goldwaschplätze haben sich nur dort erhalten, wo die Reuthalden frühzeitig mit Wald bepflanzt wurden und so der Einebnung entgingen. Da von den einstigen, ausgedehnten Goldseifenwerken nur noch wenige, kleinflächige Waschhügelfelder bis in unsere Tage erhalten geblieben sind, ist ihr Schutz als Denkmale des Montanwesens besonders wichtig. Nicht zuletzt im Zusammenhang mit dem Waldsterben, das den Seifenhügeln ihren schützenden Baumbewuchs nimmt, der Anlage neuer Forstwege und Teiche sowie durch Flußbegradigungen verschwinden auch heute noch diese Zeugen früherer bergmännischer Tätigkeit.

In der Nähe von Siedlungen sind durch Überbauung und Umlegung des Flußlaufes über die Jahrhunderte alle Spuren früherer Goldseifenwerke zerstört worden. So sollen z.B. an der Saale zwischen Schwarzenbach/S. und Hof-Moschendorf ausgedehnte Waschhügelfelder bestanden haben, von denen keine



Abb. 5. Seifenhügel an der Ringlasmühle. – Foto: RAUH 1993.

Spuren erhalten sind (Abb. 1). Sichtbare Relikte der Berggoldgewinnung in Form von Schürfen, Tiefbauen usw. sind im Bereich der Münchberger Gneismasse nur äußerst spärlich vorhanden.

Eindeutig auf die Goldgewinnung zurückzuführen lässt sich wohl nur das Schürfgrubenfeld in der Waldabteilung „Hütholz“ an der Pulschnitz, das eingangs beschrieben wurde (Abb. 1: Lok. 1 und Abb. 2) sowie die ebenfalls bereits eingeebnete Pinge am Goldberggrund bei Plösen (Abb. 1: Lok. 2 und Abb. 2).

## 2. Der Goldbergbau in alten Flurnamen

Neben den Geländespuren liefern uns Flurnamen Hinweise auf frühen Bergbau in der Münchberger Gneismasse. Zahlreich spiegeln sich in ihnen die begehrten Erze und die Art ihrer Gewinnung wider. In vielen Fällen ist ein direkter Zusammenhang zwischen dem Flurnamen und dem auf der betreffenden Flur betriebenen Bergbau nachweisbar.

Eine starke Häufung von Flurnamen mit Bezug zum Bergbau kann im Bereich des Ortes Silberbach südöstlich Konradsreuth festgestellt werden (Abb. 1). Der Ort wird bereits 1390 erstmals urkundlich erwähnt. Der alte Ausdruck „Sichern“ für das Gewinnen von Schwermineralien aus Flüssen und Bächen tritt hier in zahlreichen Flurnamen auf: „... im praiten Sicherts, ...; ... im langen Sicherts, ...; ... am Sicherts ... gelegen.; ... uf dem fordern sicherts,... am hindern Sicherts, ...; ... auf den sichartswege ...“ (HOFNER 1975: Band V).

KRETSCHMANN (1741: I/44) erwähnt den „*Silber Bach*“ bei Silberbach ausdrücklich in bezug auf Seifenwerke. Auch die Art der gewonnenen Erze und ihrer Aufbereitung spiegelt sich in den Flurnamen um Konradsreuth-Silberbach wieder: „...*Sylberpoch* ... (daraus später *Silberbach*); ... *bey dem Goldanger*, ...; ... *am goldpach*, ...; ... *beim Goldpach* ...; ... *am Goldmannsanger* ...; ... *in der hamerlohe* ...“ (HOFNER 1975: Band V).

Als weitere Beispiele seien hier Helmbrechts und Plösen bei Münchberg angegeben. Fluß- und Flurnamen wie „Goldbach“ oder „Goldberg“ sind ein erster Hinweis auf einen ehemaligen Goldbergbau in dieser Gegend. Der Goldbach bei Helmbrechts (Abb. 1: Lok. 3) entspringt aus dem „Bestenreuther-Brunnen“ im Stadtgebiet und mündet in die Selbitz. 1705 wird im Lehensbuch der Stadt Helmbrechts ein „Goldgräblein“ im Bereich des Goldbaches erwähnt. SEIFFERT (1956, 33 f.) schreibt hierzu, daß die früher an den Ufern zu findenden Abraumhalden auf das Verwaschen des Sandes hindeuten. Er mutmaßt, daß der Name „*Bestenreuth*, *Bestenreuther*, *Bestenreutherin*“ wörtlich genommen, nicht zuletzt wegen der Goldfunde im Quellsande, „*die beste Reuth*“ bedeuten könnte. Ist von den besagten Abraumhalden heute am Goldbach auch nichts mehr sichtbar, so ergaben Waschversuche im Goldbach jedoch eine eindeutige Goldführung (vgl. HATZL 1986, Anl. 7).

Ähnliche Verhältnisse findet man am Goldbach nahe Plösen bei Münchberg vor (Abb. 1: Lok. 2 und Abb. 2): „*Das Goldbächlein, nur wenig schwächer als die Pulschnitz, bildet deren ersten größeren Zufluß und hat eine Länge von drei Kilometer. Es entquillt der sogenannten ‚Goldgrube‘ zwischen Solg und Plösen*“ (SEIDEL 1940: 3 f.).

Das Quellgebiet des Goldbaches wird noch in jüngster Zeit „Goldgrube“ genannt; die Lage des Quellgebietes etwa ein Kilometer westl. von Plösen fällt ziemlich genau mit den bis vor der Durchführung der Flurbereinigung in den siebziger Jahren noch sichtbaren Pingen als Reste eines alten Goldbergwerkes zusammen (Abb. 2). In einem Bericht aus dem Jahre 1952 werden diese Pingen näher beschrieben: „*Die Erdtrichter liegen 500 m südwestlich Plösen, 50 m links der Wegegabel: Die Trichter haben eine eiförmige Öffnung, größter Durchmesser etwa 12 m, der große Trichter ist 4 m tief, der kleine 3 m. Früher sollen die Trichter bis zu 9 m tief gewesen sein.*“ (STADTARCHIV MÜNCHBERG, Nachlaß DIETEL: Schreiben des Naturschutzbeauftragten des Landkreises Münchberg, Herrn Oberlehrer H. BAIER, an das Landratsamt vom 23. August 1952).

Auf der „Geognostischen Karte des Fichtelgebirges und Frankenwaldes“ (Blatt Münchberg, 1:100 000) gibt GÜMBEL (1879) durch ein Bergbausymbol noch die Lage dieses alten Bergwerkes an. Auf das noch sichtbare Schürfgrubenfeld am Nordrand des „Hütholzes“ wurde bereits weiter oben eingegangen. Gegenüber liegt die Flur „Goldmühle“ am unteren Ende eines Waldstückes an der Pulschnitz (Abb. 2). Weiterhin wird ein von Südwesten kommender Zufluß der Pulschnitz westlich des „Hütholzes“ ebenfalls „Goldbach“ genannt (Abb. 2). Auch hier kann eine eindeutige Goldführung nachgewiesen werden (vgl. auch HATZL 1986, Anl. 7). Die Lokalzeitung berichtete 1881 über diese Gegend: „*Goldgewinne bei Schödlas. Bei Schödlas ist das Goldbächlein und die Goldleithen. Da stand früher ein Werk, da wurde Gold gewonnen. Noch sind die Schlacken da zu finden. Alle Sonnabend wurde*

*ein Seidlein Gold mit vier Pferden nach Bayreuth gefahren. Eine Strecke gegen Mittag zu ist die Goldgrube zu sehen“ (MÜNCHBERGER WOCHENBLATT 1881). Die Mengenangaben bezüglich der Goldproduktion in diesem Bericht sind sicher deutlich überhöht. In der Stadt Münchberg erinnert nur noch der Flurname „Seifenberg“ oberhalb der Pulschnitz an die Goldgewinnung aus dem Fluß.*

### 3. Sagen und Ursprung des Goldbergbaues in Oberfranken

Sind im Gelände auch die meisten Spuren verwischt, so geben uns Sagen wichtige Hinweise auf ehemaligen Bergbau. Als Beispiel sei hier die Sage „Der Schrezelein Auszug aus Moschendorf“ gekürzt wiedergegeben (REICHOLD 1986): Ein Müllersbursche soll während einer sommerlichen Floßfahrt auf der Saale von einem „Schrezelein“, das bisher mit den Seinen in einer „Höhle“ am Saalehang lebte, aufgefordert worden sein, sie überzusetzen, da sie das Gebiet verlassen wollten. Als der Müller den Wunsch der „Schrezelein“ erfüllt hatte und das schwerbeladene Floß ans gegenüberliegende Saaleufer gebracht hatte, soll er zum Dank viele Goldblättchen erhalten haben.

Von Moschendorf südlich Hof sind auch urkundlich noch Goldseifenwerke belegt (KRETSCHMANN 1741).

KRETSCHMANN (1741: I/40 f.) sieht den Beginn des Bergbaus in Oberfranken in eben diesen Seifenwerken, die seiner Meinung nach von italienischen Walen betrieben wurden: „Diese Italienische nation hat sich nie mahlen gerne in ihrem Vaterlande alleine aufgehalten, daher sie das Herum Reissen, auch in die ehehin wilden Fichtelberger Gegenden vor langen Jahren her gewohnet gewesen seyn müssen, weil man schon vor etlichen Seculis dergleichen herum reißende Italiener oder Wälsiche so wohl als noch heutiges Tages gefunden, welche dann unsere Vorfahren nach ihrer alten Mund Art Wallende oder Wallen, daß ist Reißsende genannt, ... Dergleichen fremde reißende oder Wallende Leute seyn allen Urkunden gemäß die ersten gewesen, die in hiesigen Fürstenthum nach Metallen gesuchet, jedoch keinen andern Modum des Berg Baues, als die Wasch- und Seiffenwerke gehabt haben ...“

Nachdem er sich zur Herkunft der „Walen“ geäußert hat, berichtet er weiter von den in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts noch zahlreich sichtbaren Halden an den Flüssen der Gegend, die diese Fremden hinterlassen haben: „Der Vermuthung nach haben dergleichen Ertz-Wäscher auf der Seite von Böhmen und Ober Pfalz zuerst sich in hiesiges Land gemachet, als in welchen beyden Ländern sie dieses ihr Handwerk schon getrieben hatten. ... Bey Schwarzenbach an der Saale muß man an diesen Fluß nicht wenig dergleichen Arbeit zwischen besagten Ort und Fattigau geschehen seyn, von Moschen-Dorff an der Saale längs den Untreu- und Silber Bach hinauf biß Ahornberg, das wohl 5 Stunden in der Länge dieser Bäche aus machet, ist das Ufer zu beyden Seiten dieses Wassers also umgekehret, daß man nicht viel ebenes Land alda ohne Hügel und Hallen [Halden] antrifft. Bey Steben und Gerolds-Grün, desgleichen an den Regnitz Flüßlein über und bey Regnitzlosau, sonderlich gegen die Gränze zu, kan man noch genugsame Merkmahle dergl. Waschwerke unstreitig antreffen und suchen“. Neben Eisen, Zinn und „Edelsteinen“ wurde nach KRETSCHMANN (1741: I/40 f.) „aber das feineste Gold

*in Flämmlein, entweder pur in Sandt liegend, oder an Zien und andern Steinlein angeflogen gewaschen ... so müssen wir dergleichen Seyffen Werken den Anfang alles unberes Berg-Baues zuschreiben ...“*

In den viel zitierten Walen wird häufig der slawische Volksstamm der Vallen vermutet, der bereits im 6. Jahrhundert aus Böhmen kommend im Fichtelgebirge ansässig war und wohl bereits Bergbau betrieb. Auch die über Sachsen eindringenden Sorben oder Wenden, als „Venedi“ oder „Veneti“ bezeichnet, könnten Anlaß für die häufig als Synonym für „Walen“ gebrauchte Bezeichnung „Venediger“ gegeben haben und den Bergbau im Fichtelgebirge und seinen Vorlanden begründet haben (SCHUBERT 1930). Ob tatsächlich Goldsucher aus der Gegend von Venedig in Oberfranken Goldbergbau betrieben haben, kann nicht sicher nachgewiesen werden. Ortsnamen slawischen Ursprungs können jedoch als Beweis für die Anwesenheit slawischer Völker in Oberfranken angeführt werden. Als Beispiele seien nur die Ortsnamen „Jehsen“, „Modlitz“, „Plösen“ und der Flußname „Pulschnitz“ im Bereich der Münchberger Gneismasse genannt (ZAPF 1884). An all diesen Orten ist alter Bergbau belegt. Ausdrücke aus der Bergmannssprache wie „Seifen“ sind ebenfalls slawischen Ursprungs (KÖHL 1913). Nach der Vertreibung der Slawen setzte sich der Bergbau fort und ist ab dem 13. Jahrhundert in Oberfranken urkundlich belegt.

Zahlreich erhalten geblieben sind uns die bekannten Walen- oder Venetianersagen, meist in Form von Fundortangaben von Erzen und „Edelsteinen“. Daß die sagenumwobenen „Walen“ auch im Gebiet um Münchberg tätig gewesen sein müssen, beweist folgende Sage: „*Von Münchberg frag gegen der Zell, das ist ein Dorff und eine Kirchen, darinen und wenn du dahin kommest, so frag nach dem Fluß, die Saal genandt, und daran gehe hinauf biß daß sie entspringet und nicht weit davon, da die Saal entspringet, findest du ein Loch, ... In dieser Gruben, ... schlage ein und senke durch den Leimen bey 5 oder 6 Ellen tief, so findest du in einem Gang, rein und wohl gediegen Gold ...*“ (KRETSCHMANN 1741: I/234).

Die Mengenangaben in diesen Beschreibungen halten wissenschaftlichen Überprüfungen kaum stand, die Ortsangaben sind jedoch meist korrekt.

#### **4. Goldgewinnung in der zentralen Münchberger Gneismasse um Münchberg, Plösen, Jehsen und Ahornberg**

Im Bereich der zentralen Münchberger Gneismasse, besonders bei Münchberg, Plösen, Jehsen und Ahornberg, wurde sowohl Berg- als auch Seifengold gewonnen (Abb. 6 und Abb. 7). Obwohl die historischen Quellen hierzu spärlich sind, läßt sich die geschichtliche Entwicklung des Goldbergbaus in dieser Gegend wenigstens in groben Zügen rekonstruieren. Die einschlägigen Urkunden zeigen, daß schon zu Beginn des 14. Jahrhunderts um Münchberg nach Edelmetallen geseift und geschürft wurde.

Schon am 30. August 1323 hatte Kaiser Ludwig der Bayer Burggraf Friedrich IV. von Nürnberg das Privileg eingeräumt, alle Erzgänge in seinen Landen auszubeuten. Er erhielt von diesem für sich und seine Leibeserben am Freitag nach St. Bartholomä 1323 „*alles das Ertzet, das si haben uff iren guten und*

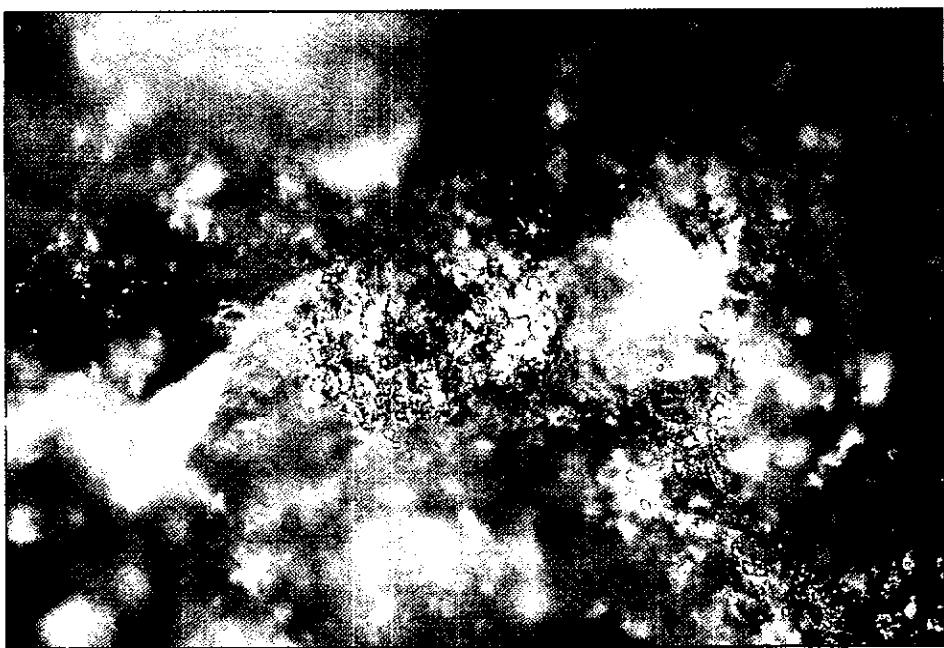


Abb. 6. Gediegen Gold auf Quarz. – Goldberggrund Plösen. – Bildbreite 1.4 mm. –  
Foto: TU München.

*in iren gebiten vinden, ewiclichen gelihen“* (WACHTER 1928: 193). Die Burggrafen zu Nürnberg hatten bereits in den Jahren vorher große Gebiete „ob des alten Gebirges“, also jenseits der Fränkischen Linie, aufgekauft. Es ist anzunehmen, daß der Erzreichtum dieser Gegend zur damaligen Zeit schon bekannt und maßgeblich für den Kauf dieser Gegenden war. Ausgangspunkt für die Erschließung der Goldvorkommen im Bereich der Münchberger Gneismasse dürfte Goldkronach gewesen sein. Die Gegend um Goldkronach wurde von den Burggrafen bereits 1220 käuflich erworben (SCHUBERTH 1930). Am Sonntag Reminiscere (11. März) 1324 verlieh Kaiser Ludwig zu Frankfurt a. M. Burggraf Friedrich IV. für seine Verdienste, die er sich um die Gefangennahme des Gegenkaisers Friedrich des Schönen von Österreich erworben hatte, u. a. das Bergwerksrecht im „Oberlande“: „Wir haben angesehen die genehmen und nutzbaren Dienste, die Uns und dem Reich der edle Mann Friedrich, Burggraf von Nürnberg, Unser Lieber und Getreuer, von langer Zeit daher gethan hat und fürbaß gethun mag und haben ihm Unser und des Reiches Recht an dem Erzwerk, an Gold, Silber und Kupfer zu dem Plessenberg mit allen Gängen zwischen dem Plessenberg und dem Münchberge und Schorengast [Anm: Marktschorgast], ob der Gang sich dahinzöge, verliehen“ (HÜBSCH 1863: 95). Diesen Brief bestätigten Ludwig der Bayer am 11. Februar 1328 (Abb. 8) und Karl IV. am 5. April 1355 jeweils in Rom aufs neue (DIETEL 1963). Auf dem Reichstag zu Nürnberg bekraftigte Karl IV. dieses Recht nicht allein durch eine eigene kaiserliche Bulle vom 14. März 1363, sondern erweiterte es mit Bewilligung der Kurfürsten auch auf „alle und jede Metalle im ganzen Land“ (WACHTER 1928).

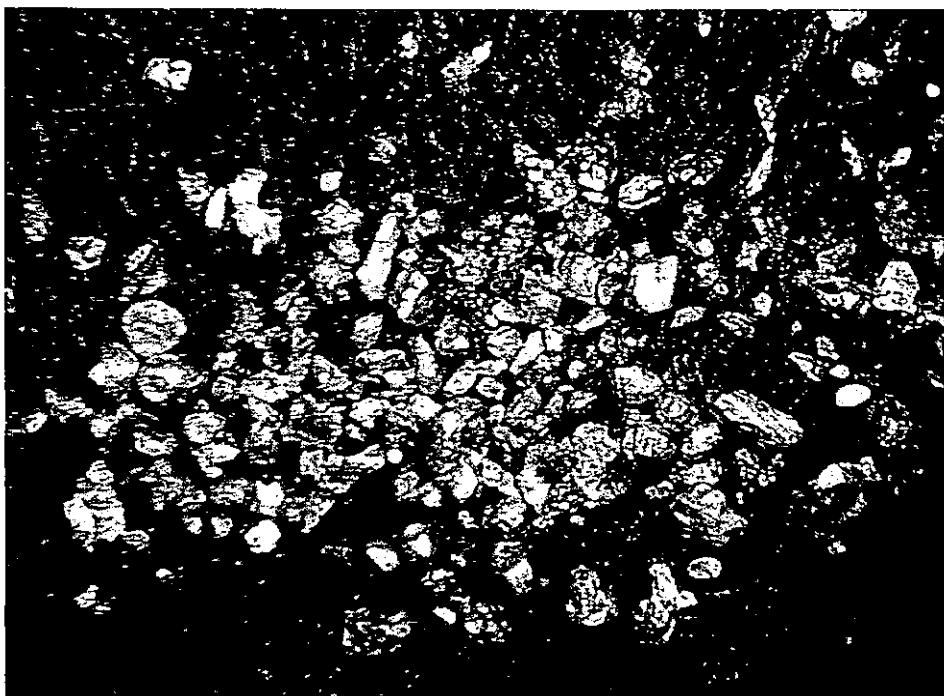


Abb. 7. Seifengold. – Goldbach bei Plösen. – Bildbreite 9 mm. – Foto: RAUH.

Das hierdurch erlangte Bergregal, das eigentlich nur dem Kaiser zustand, war durch die sich aus ihm ergebenden Einnahmequellen von hoher politischer Bedeutung für die Burggrafen von Nürnberg. Gleichzeitig stellt die Verleihung vom 11. März 1324 die erste urkundliche Erwähnung eines Goldbergbaues im Gebiet der Münchberger Gneismasse, speziell um Münchberg, dar und ist wohl als Hinweis auf einen damals noch gewinnträchtigen Bergbau in dieser Gegend zu werten. In der Folgezeit systematisch betriebene Landkäufe seitens der Nürnberger Burggrafen dürften nicht zuletzt in der Hoffnung auf weitere Goldvorkommen im Münchberger Gebiet getätigten worden sein.

Nach DIETEL (1963: 122 f.) berichtet eine Urkunde vom 7. April 1352 von den ersten Güterkäufen der Burggrafen Johann und Albrecht im Münchberger Land. Schon am 22. Februar 1373 verkauften die Brüder Erhard, Friedrich und Babo von Sparneck dem Burggrafen Friedrich V. ihre Teile an dem Markte Münchberg, nebst einigen Dörfern, darunter Plösen um 5 200 Pfund Heller. Am 27. Juli 1374 schließlich verkaufte Hans von Sparneck Ahornberg und Jehsen an Friedrich V. Es ist anzunehmen, daß die Stadt Münchberg durch weitere Käufe bis 1381 letztendlich vollständig unter die Herrschaft der Burggrafen geraten war (DIETEL 1963). In der Folgezeit fehlen – vermutlich kriegsbedingt – weitere Quellen zum Bergbau.

Im Jahre 1408 wird ein Bergwerk bei Schauenstein erwähnt, das angeblich auf Gold und Silber angelegt worden sein soll (DIETEL 1963, zit. in HATZL 1986: 101). Die diesbezüglichen Quellen belegen aber lediglich die Gewinnung von Eisen und

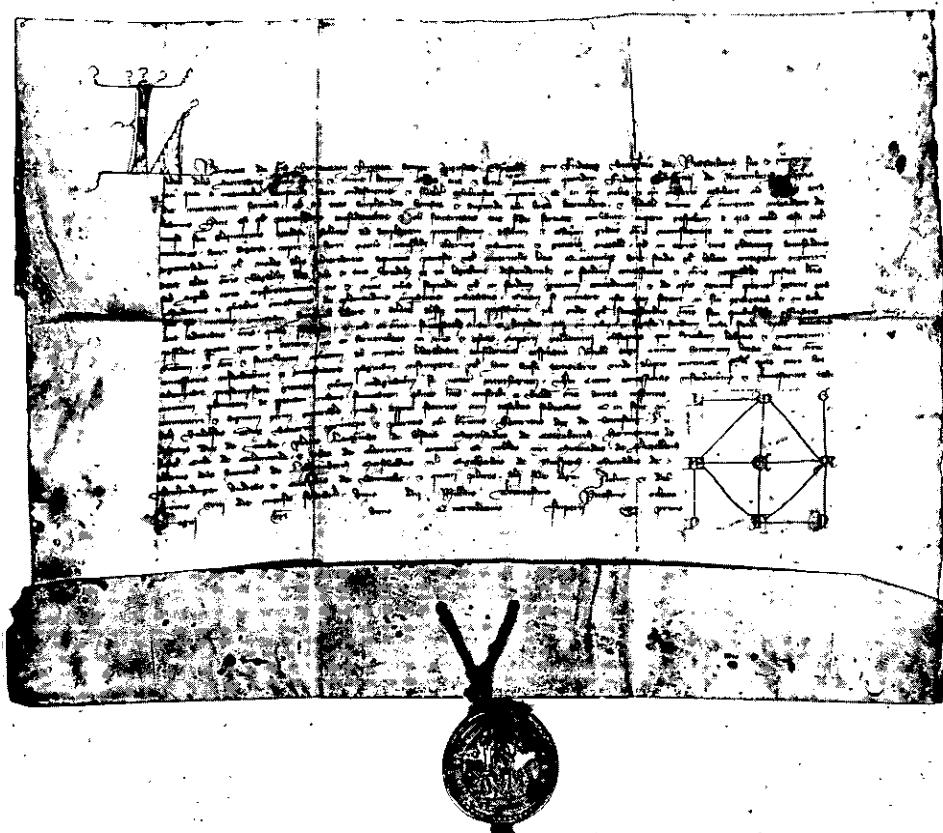


Abb. 8. Urkunde der Bestätigung des Kaiserselekt von 1324 durch Ludwig den Bayern am 11. Februar 1328 (Staatsarchiv Bamberg, Brandenburger Urkunden: Nr. 148). Originalgröße ca. 42.5 x 30.5 cm.

Kupfer, so daß dieser Bergbau hier nicht weiter betrachtet werden soll. Auch das aus dem Jahre 1490 erwähnte Bergwerk „St. Wolfgang“ am Helmbrechtser Kirchberg (SEIFFERT 1956) diente wohl dem Abbau von Eisen- und Kupfererzen.

Die Urkunden zum Goldbergbau im Münchberger Gebiet, die im folgenden chronologisch zusammengestellt sind, belegen erst wieder den 8. Juni 1468. Zu diesem Datum erhält Jakob Kruger eine Fundgrube auf Silbererz und das Bergwerk am Jehsenberg, zwischen Jehsen und Schlegel gelegen, als Lehen (DIETEL 1963).

1. April 1477: Hans Ruprecht, Goldschmied in Hof, empfängt eine Fundgrube am Jehsenbach, mit der am 22. August desselben Jahres Hermann Nadler und Nickel Tristan, Schlosser in Münchberg, belehnt werden (DIETEL 1963).

24. Mai 1477: Friedrich Bart erhält eine Erzgrube samt Erb- und Stichstollen auf des Lauterbachs Gut in Ahornberg (DIETEL 1963).

12. September 1477: „Hanß Snalz, Schmelzmeister, Conz Seger und Friedel Meißel von Mönchberg, haben empfangen eine Fundgruben bey dem Kirchlein

*zum Heil. Kreuz [Anm. bei Münchberg], Freytags nach Nat: Mariae“ (KRETSCHMANN 1741: I/428).*

Hans Schnalzer, wohl identisch mit „Hanß Snalz“, hat kurz darauf ein erneutes Lehen auf dieselbe Fundgrube erhalten (Akte Staatsarchiv Bamberg, A245 I, Nr. 43 I, S. 428, zit. in HATZL 1986:101).

3. Oktober 1477: „*Heinz Sporer von Bayreuth das 2. Lehen St. Georgen Gruben am Jeßenbach, Freytags nach Michael*“ (KRETSCHMANN 1741: I/428).

4. Juli 1478: „*Ulrich Häfner von Mönchberg, zu Mönchberg in der Stadt uf den Mark [Anm. Marktplatz], doch ohne Schaden der Stadt, Sambst. nach Visit. Mariae*“ (KRETSCHMANN 1741: I/439). Diese Lehensvergabe beweist, daß selbst mitten im Ort Münchberg nach Erzen gesucht wurde.

27. November 1482: „*Hanß Krezer und Andreas Geußendorfer zum Gefrees haben ein Berg Werk zu Blesten bey Mönchberg uf des Goldners Guth empfangen, Donnerstags nach Catharina*“ (KRETSCHMANN 1741: I/445).

4. Juli 1485: „*Marggraf Albrecht, Churfürst, hat Nicol Stegern einen sonderbaren Lehen Brief über das Berg Werk zu Pleßen uf Gold, Kupffer, Zien und Bley verliehen, darin wird disponirt [Anm. festgelegt], da sie Zien oder Bley antreffen, daß sie die Zehende Baar zur Zehenden reichen und geben sollen von Gold und Silber, aber wie vor diesen, Act: Montag nach Visit: Mariae*“ (KRETSCHMANN 1741: I/447).

31. Mai 1498: Belehnung des Lorenz Stublinger aus Kulmbach mit einer Fundgrube am Jehsenbache (DIETEL 1963: 158).

29. Juli 1505: „*Zu Anfang des 16ten Jahrhunderts ward das Seifenwerk am Jeßenbach wieder aufgerichtet und am Mittwoch nach Jacobi 1505 Paul Graußen von Mönchberg in Lehen gereicht. Jahres darauf hat Hans Rupprecht, Goldschmid zum Hof eine Fundgrube am Jeßenbach, Dienstags nach Palmarum, und Friedrich Barth eine Fundgrube auf des Lauterbachs Gut zu Ahornberg am Pfingstabend zu Lehen erhalten, und da die erstere wieder ins Freie fiel, so haben solche zwischen Schlegel und Jeßen am Jeßenbach gelegene Fundgrube Herman Nadler und Nicol Christian Schloßer zu Münchberg wieder erhoben*“ (ANONYMUS 1767: 476).

In den Folgejahren versuchte man durch teilweise oder vollständige Befreiung von Steuern und Abgaben und sonstige Erleichterungen für die „Baulustigen“ den Bergbau weiter zu fördern, was anfangs auch gelang. Die von den Markgrafen erlassenen Bergordnungen von 1520, 1525, 1529, 1550 und 1593, in denen die Stadt Münchberg als Bergort ausdrücklich erwähnt wird, gewährten den Gewerken und Bergleuten eine Vielzahl von Begünstigungen. Jedoch schienen die Erträge in der Folgezeit trotzdem stark abzunehmen. Weitere Belehnungen lauten:

6. September 1549: „*Ulmann Rott von der Liebnüz [Anm. Lübnitz bei Gefrees] hat empfangen ein Fundgruben zur Poppenereuth [Anm. bei Münchberg], St. Wolfgang's Gruben genannt, Freytags nach Egidii*“ (KRETSCHMANN 1741: I/431). Diese Grube war schon 1502 an Veit Tümper aus Münchberg verliehen worden (DIETEL 1963: 254).

1550 (ohne genaues Datum) wird die „... *Kieß Zech am Bleßberg ...*“ erwähnt (KRETSCHMANN 1741: I/388). Aus dem Hinweis auf eine Kies-Zeche lässt sich schließen, daß bei Plösen möglicherweise auch goldhaltige Sulfide, wahrscheinlich Pyrit, abgebaut wurden.

1560 (ohne genaues Datum): „*Hauptsächlich war auch zu Plösen ein Gold-Seifenwerk, die St. Christophs Zeche genannt 100 Lachter lang und 50 breit, welche 1560 Beringer von Kotzau, Amtmann zu Thierstein trieb, der 1562 noch etliche Mitgewerken annahm und es nach etlichen Jahren gänzlich ins Freie gab*“ (ANONYMUS 1767: 476 f.).

5. November 1562: mutete Wolf Mullner mit seinen Gewerken im Bergamt zu Goldkronach die St. Christophs Zeche „sambt dem Er[b]stollen hinter Münchberg, bey Pleßen, neben der alten Gold Zech“ (KRETSCHMANN 1741: I/562). „Nach Auskunft des Bergmeisters sollte in dieser Seife nicht tief unter der Oberfläche, gleich unter der Dammerde, ein eine halbe bis eine ganze Elle hoher Gang verlaufen, in dem gediegenes Gold bis zur Größe eines Hanfkorns gefunden werden könne. Die erhaltenen Rechnungen über die Goldwaschwerke bei Plösen aus dem Jahre 1562 weisen jedoch aus, daß die 128 Kuxe ... schließlich verloren waren“ (DIETEL 1963: 255).

11. August 1563: Franz Brem und Salomon Kunzmann lassen sich ein 100 Lachter langes und 50 Lachter breites Seifenwerk „zu Blessen bei Monichberg“ verleihen (DIETEL 1963: 255).

30. Juli 1566: „*Anno 1566 schreibt der Bergmeister Christoph Contzmann an Beringern von Kotzau, Amtmann zum Thierstein, daß weiln er das Gold-Seiffen zu Plösen in gnädigster Herrschaft Freyes fallen läßt, solches ein Bergmann, Peter Hennigk von Marienberg, zu Lehen begehret. Worauf gedachter von Kotzau schriftlich antwortet, und dieses Vorhaben zu hintertreiben suchet, sich in sonderheit auf Chur- und Fürstl. Mitgesellschaft beziehende, dahero auch ohne dero Vorwiesen und Erlaubniß sich niemand einzudringen befugt seye. Nichts desto weniger ist an den damahlichen Kastner zu Münchberg und obbemelten Bergmeister Cuntzmann Befehl ergangen, daß das vom Goldseiffenwerck zu Plösen gemachte Gold, und zwar das Loth umb 7 fl. angenommen, und in die Rentmeisterey geliefert werden solle*“ (KRETSCHMANN 1741: I/1030).

1589 (ohne genaues Datum) wird die „Plesse“ bei Münchberg genannt, die mit vier Hauern belegt ist und auf der man die Förderung kurz danach einstellt (DIETEL 1963).

1590, 1598 und 1599 (jeweils ohne genaues Datum) wird eine Goldseife zwischen „Hof und Münchberg am Goldgraben“ erwähnt (KRETSCHMANN 1741: I/1074). Des weiteren berichtet SCHUBERTH 1930 von einem Seifenwerk „am Röthenbach“, bei dem es sich um den Rothenbach bei Leupoldsgrün handeln dürfte, wo noch Reste eines Seifenwerkes sichtbar sind (Abb. 1: Lok. 4).

20. Januar 1591: „*Hanßen Einhardt, Kayserl. Kriegs-Hauptmann und Bürger zu Nürnberg, wie auch Liehardt von Rein, Pfaltzgräfischer Bergmeister zu Simmern, begehrten, daß ihme die alte Fundgrube zu Pleszen bey Münchberg sambt derselben obern und untern nechste Maßen, auch Stock- und Wäschwergck, ... verstattet und verliehen wurde*“ (KRETSCHMANN 1741: I/1030).

Daß der Bergbau um Plösen auch zu erheblichen Konflikten mit anderen Nutzungsarten des Landes führte, beweist ein Vorfall, der vom Frühjahr 1599 überliefert ist: „*Anno 1599 haben sich auf Recommendation [Anm. Empfehlung] des Bergmeisters Mattheß Köhlers, mit welchen Jacob Herrgott, ein Bergmeister von Schneeberg, unter der Decke gelegen, ... zwey Arbeiter, nembl. Hanß Heinigk von St. Annaberg und Greger Fleischer von der Platten gen Münchberg begeben, und daselbst im Forellenbach von unten an, auf der Münchberger Hutgemein, ohnweit dem Dorf Plesen, ein Gold Seiffen Werck anrichten wollen, ... Es hat aber der dama-lige Kastner zu Münchberg, Georg Hoffmann, weil gedachte Arbeiter, ohne Vorzei-gung Hochfürstl. Befehls den Fischbach dergestalt durchwühlet, daß nicht ein eini-ger Fisch darinnen anzutreffen gewesen, über diß auch dieselbe mit groben Schelt-Wortten umb sich geworffen, solche in gefängliche Hafft nehmen und inqui-sition wieder Sie anstellen laßen*“ (KRETSCHMANN 1741: I/1032f.). Erst nach län-geren Verhandlungen wurden die beiden Bergleute wieder auf freien Fuß gesetzt. „*Im April 1600 beschwerte sich vorgenannter Bergmann Jakob Herrgott bei der markgräflichen Regierung über das nach seiner Ansicht selbstherrliche Vorgehen des Münchberger Kastners und vor allem über die erzwungene Einstellung der Arbeiten in den beiden ‚reichen Goldwaschwerken‘ zu Münchberg und Plösen ...*“ (DIETEL 1963: 256). Herrgott betrieb neben der Plösener Goldseife noch etliche Berg- und Seifenwerke, darunter eine goldführende Zinnseife am Weißen Main im Fichtelgebirge, wo er sich, von Böhmen kommend, um 1595 niedergelassen hatte.

Im Jahre 1600 errichtet er mit den Gewerken Michael Mülling, H. Conrad Bauerschmied und Samuel Mylius, mit denen er auch die bereits erwähnte Goldseife am Forellenbach betrieb, in Plösen „*die erste Schmelz*“ (ANONYMUS 1767: 477). Desweiteren mutete Herrgott 1598 noch eine Goldseife zwischen Münchberg und Hof, die wohl identisch mit dem „Goldgraben“ ist (KRETSCHMANN 1741: I/1074).

4. Juli 1602: Herrgott mutet die Goldseife bei Plösen erneut, er stößt dabei jedoch sofort auf Widerstand. Die markgräflichen Beamten berichteten schon am 7. Juli an die Regierung, daß „*durch solches Schürfen und Waschwerk der Herr-schaft Fischbäche, auch der Gemein- und Hutweide großer Schaden zugefügt, die Herrschaft in Unkosten geführt und beschwert worden sei*“ (DIETEL 1963: 256 f.).

Die Möglichkeit, bei den erwähnten Goldseifen eine Ausbeute zu erzielen, wird ebenfalls in dem Bericht negativ beurteilt: „*Nun können wir in unserer Einfalt nicht sehen, mit was Nutzs, ja zu was Fortsetzung Fürstl. Durchlaucht Kammer-gut und Regalien dieses Waschwerk und Umstür[z]en in den Bächen geschehen und zugelassen werden möchte, sintemal solches zu etlichenmalen der Orten attentiert und angefangen, aber nie nichts Fruchtbarliches ausgerichtet worden*“ (DIETEL 1963: 256). In diesen Zeilen wird deutlich, daß es sich bei den Plösener Goldseifenwerken spätestens zum damaligen Zeitpunkt wohl schon um Zubuß-betriebe handelte und die Schäden an Flüssen, Wältern und Weiden den Nutzen wohl weit überstiegen. Trotzdem gibt bereits in einem Schreiben vom 9. Juli 1602 an den Bergmeister in Goldkronach der Nürnberger Bürger Matthäus Pfeffer bekannt, daß er die Arbeiten an der Plösener Goldseife im kommenden Frühjahr wieder aufnehmen will (DIETEL 1963: 257).

Der Dreißigjährige Krieg hat den Bergbauunternehmungen eine lange Unter-brechung gesetzt. In einer Beschreibung des Gerichtsbezirks Münchberg aus dem

Jahre 1675 heißt es daher: „Von Bergwerken ist in dieser Vogtei, unerachtet an unterschiedlichen Stellen eingeschlagen worden, noch zur Zeit garnichts befindlich“ (DIETEL 1963: 257). In der Folgezeit mag die Sage von der Verwünschung des Plösener Bergbaus entstanden sein: Eine steinalte, bettelnde Zigeunerin soll aus Wut darüber, daß man ihr in einem Hause in Plösens kein Almosen gegeben hatte, eine große Handvoll Sand über das Goldbergwerk geworfen und dabei ausgerufen haben: „*Ihr Geizhälse! So viele Sandkörner ich über euere Goldgrube werfe, so viele Jahre soll sie verflucht sein!*“ (DIETEL 1963: 257).

Vom Gebiet des Untreubaches (Abb. 1 u. Abb. 4), der bei Ahornberg entspringt und jetzt in den Untreusee bei Hof mündet, liegen aus der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts genauere Überlieferungen vor. Interessant ist hierbei vor allem, daß noch damals versucht wurde, die hier befindlichen „reichen Waschwerke“ (KRETSCHMANN 1741: III/37) wieder neu zu belegen, die zur Zeit des Markgrafen Friedrich V. und seinen Nachfolgern am Untreubach und an der Saale in Betrieb waren (Abb. 5).

*„Auf der Seite gegen Hof oder gegen Morgen zu war der Bauch der Erden an edlen Geschiken nicht minder reich. Es mag davon nachfolgender Auffstand über das Gold Seifenwerk, die treue Freundschaft, unter Ahornberg an der Schulwiesen gelegen, ein hinlänglicher Beweiß seyn: Unter andern finden sich auch in hiesiger Bergamts-Revier Neylau [Anm. Naila] bey dem so genannten Untreu-Grund, welcher sich eine viertel Stunde unter Ahornberg gegen Conradsreuth anfängt, viele alte Reut-Halden, so vor undenklichen Jahren aus einem Seifenwerk allda gezogen, dieses aber vermutlich bey unruhigen Zeiten und Fatalitäten gleich wie viele andere Berggebäude verlassen, und bishero kein weiterer Versuch darauf gethan worden. Nachdem nun vor einiger Zeit in ermeldeten Grunde bey vorher beschriebenen Halden das frische Feld, welches die alten noch nicht berühret, einiger maßen untersucht und gesichert, so hat man verschiedene Goldflämmern in dem Gebürge unter der Tamerden befunden, wannenhero der Lehenträger bewogen worden, sothane Saiffen bey hiesigem Bergamt zu muthen und in Lehen zu nehmen, so dann darauf mit Arbeit anzufangen, da in etlichen Schichten aus dem Fluß noch etwas Gold gewaschen, daß man bergmännisch schließen kann, wie in mehrerer Teuffe und auf der Sohle noch mehr Mittel liegen und durch wäschen erlangt werden müßten.“*

Weilen aber solches in Stand zu richten und fortzusetzen dem Lehenträger alleine zu schwer fallen will; als ist er gesonnen eine weitere Gewerkschaft diese Winterszeit über zu suchen, welcherwegen er um gegenwärtig glaubwürdigen und gründlichen Aufstand angehalten, womit man ihm auch an Händen zu gehen um so weniger Bedenken getragen, als man sich hierbey keine ungeziemende Gewinnsucht versiehet, auch der Kux höher nicht als um 1 fl. kaiserl. abgewähret werden sollen. Man dubitiret [Anm. zweifelt] also nicht, daß sich hierzu baulustige Gemüther finden und ihre Nahmen; Amt und Stand, dann die Zahl der Kuxe, so viel sie anzunehmen gesonnen, diesein nechst zu inseriren belieben werden; damit man die Gewehrscheine vor Erlegung der Gelder darüber ausstellen könne. Urkundlich ist dieses Auffstand unter Anwünschung göttlichen reichen Bergsegens und Vordrückung des hochfürstlichen Bergamts Insiegels ausgefertiget worden. Signatum Bergamt Neyla in Luciae Quartal 6ter Wochen den 6 Nov. Anno 1732“ (ANONYMUS 1767: 477 f.).

Die vermutlich aus dem Mittelalter stammenden Seifen am Untreubach, die bei Untersuchungen zu Beginn des 18. Jahrhunderts noch Goldgehalte aufwiesen, soll-

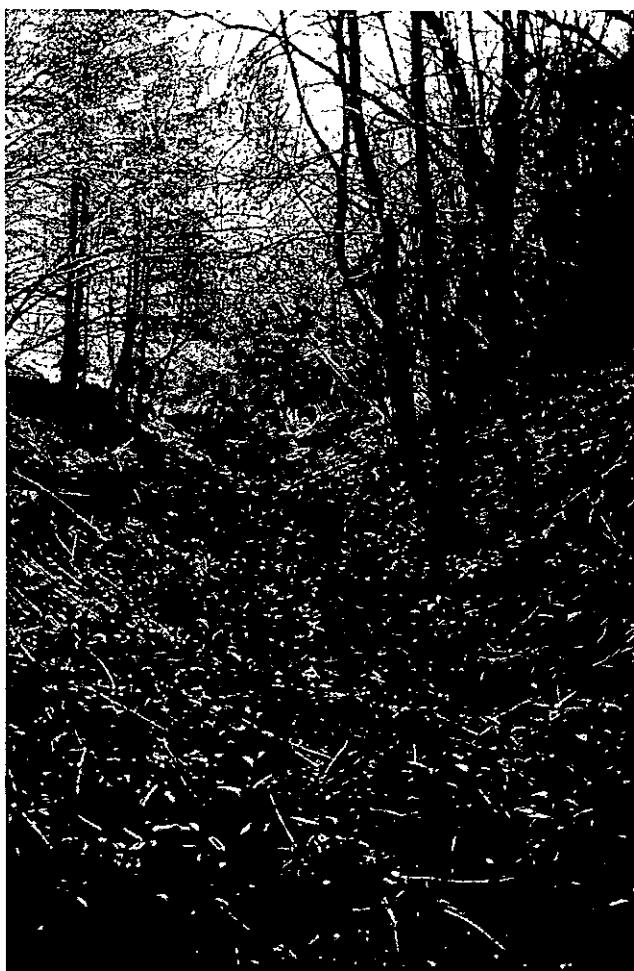


Abb. 9. Blick in den „Gevattergraben“ mit Halden am linken und rechten Bildrand. –  
Foto: RAUH 1995.

ten also wieder in Betrieb genommen werden. Um Mittel hierfür bereitzustellen, wurde eine Gewerkschaft, die „Treue Freundschaft“ gegründet. Die Gewerkschaft wurde wohl schnell zu einem Zubußbetrieb und stellte vermutlich kurz nach ihrer Gründung den Betrieb wieder ein. Neben dem Gold versuchte man sicher auch die übrigen in den Flussedimenten vorkommenden Schwerminerale zu nutzen. Gerade am Untreubach treten auch größere Mengen eisenhaltiger Schwerminerale auf und von der Steinmühle, am Ortsrand von Konradsreuth am Untreubach gelegen (Abb. 1: Lok. 6/5), wird berichtet: „An der Stelle dieser Mühle befand sich vorher ein Laboratorium, in welchem Zinn, das man am Antreubach [Anm. alter Name des Untreubaches] hinauf, aus diesem Bache und nächst demselben gewann, gewaschen wurde“ (WENZEL 1888: 9).

Im Jahr 1744 begutachteten der Schichtmeister Christian Gottfried Seydtel und der Goldwäscher Johann Kögel im Auftrag Markgraf Friedrichs nochmals

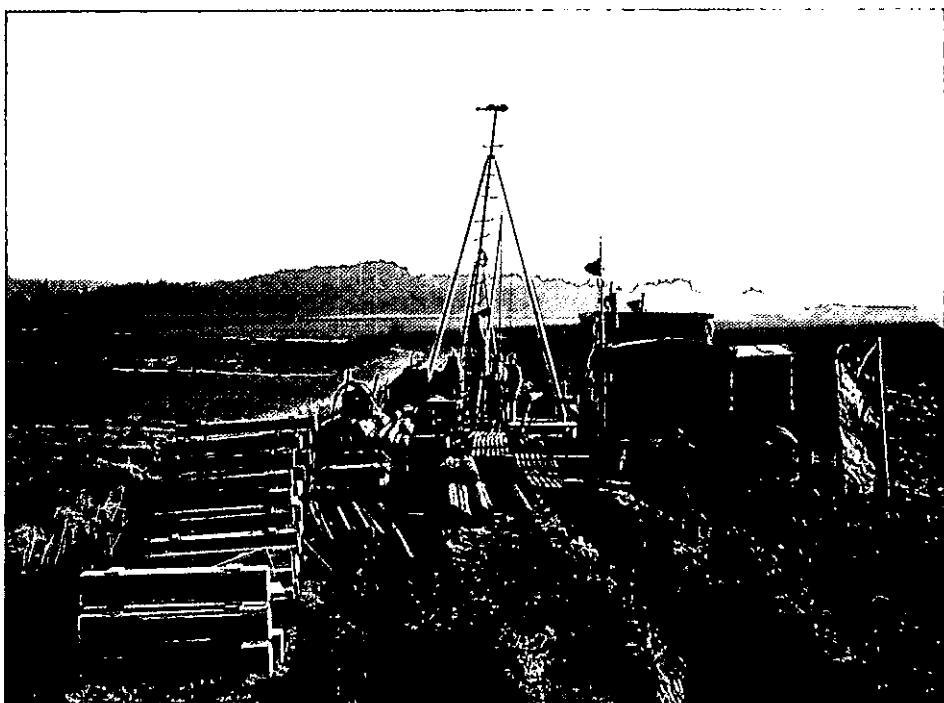


Abb. 10. Bohranlage im Auftrag der Fa. PREUSSAG im Goldberggrund westlich Plösen. – Foto: GRÜNER 1984.

die alten Goldseifen im Gebiet der Münchberger Gneismasse und gaben Urteile über die Möglichkeit der Wiederaufnahme des Betriebes ab. Dabei beurteilt Kögel (im Gegensatz zu Seydtel, der hier an mehreren Stellen vorher schon Waschversuche unternahm) die Plösener Goldseifen durchaus wohlwollend: „... ich habe zwischen Ahornberg und Weißdorff an einem Bach Plösen genannt [Anm. wohl der Fluß Pulschnitz] welchen wir passiret neben und in demselben Bach gesichert etwas an den Ufer gegraben und aus der Erden und Sand einen feinen Schlich worunter Stern und Gold Flämmlein auch Staub Gold sich erwiesen und gezeiget gesichert und gewaschen, ... auch der Schlich ... eine Anzeige giebet, daß noch Subtile Staub Gold darunter verborgen seyn mag. Ich urtheile und muthmaße daß allermeist wenn etwas in Gold Waschen gethan werden wollte ... ich dißfalls ganz rationabel gefunden, hier die bequemste und beste Gelegenheit geben möchte“ (STAATSARCHIV BAMBERG Sign. C9/VI Nr. 17838). Seydtel wiederum berichtet von seinen Goldwaschversuchen am Untreubach: „...so habe [ich] mich endlich wieder gegen Ahornberg gewendet, allda am Holtz neben den Ahornberger Steig am sogenannten Stock Teich auff der Pucher Schaafhuth wieder einen Schurff waschen lassen, woselbst unter der Damm-Erden einen sandigten Strich ausgerichtet, welchen sofort examiniret und in der Ersten Sicherung 4. Flämmlein Gold gefunden, worauf ich immer tiefer nieder arbeiten lassen und in jeder Sicherung 2. auch 3. Goldflämmlein gefunden, ... Nachdem hier ausgerichteten Strich, wäre im Früh-Jahr etwas profitables zu thun, der Strich ist reich, leicht zu gewinnen, und hat ein ganz frisch und unverwundetes Gebürg, so sich sowohl quoad longitudinem als latitudinem [Anm. in Länge und Breite] weit extendierte [Anm. ausdehnt]“ (STAATSARCHIV BAMBERG Sign. C9/VI Nr. 17838). Die

bereits an dieser Stelle in den Jahren vorher am Untreubach gemachten, wohl negativen Erfahrungen der Gewerkschaft „Treue Freundschaft“, bezieht er in sein Urteil offensichtlich nicht mit ein.

Ebenfalls negativ verliefen Goldbergbauversuche nach 1769 in unmittelbarer Nähe Münchbergs: „*Auch erhub sich im Jahre 1769 in der Amtshauptmannschaft Hof bei Oberpfeld ein Erzgeschrei, welches Jedermann aufmerksam machte. Man fand dort [Anm. Grube Unverhofftes Glück] ein gold- und silberhaltiges Erz, welches nach etlichen vorgenommenen Proben im Centner Erz drei bis fünf Mark Silber und ein bis zwei Loth Gold enthielt. Dieses machte auch die Mönchsberger rege, und sie fanden auf dem Schlegler Berge, linker Hand der Straße nach Hof, ein silberhaltiges drusigtes Granatenerz; welches in Flötzen bricht*“ (KÖHL 1913: 105 f.). Es wurde ein Bergwerk, zu Ehren des Landesherren „Christian-Friedrich-Karl-Alexander“ genannt, angelegt und hierauf ein 6–7 Lachter tiefer Schacht getrieben und ein Zechenhaus erstellt.

Eine zweite, zwischen Münchberg und Schlegel auf dem Galgenberg angelegte Grube taufte man auf den Namen der Markgräfin Karoline. Die Erzproben erwiesen sich nach einem Bericht des Bergamtes Wunsiedel vom 5. Juni 1771 jedoch als nicht reichhaltig genug und beide Gruben stellten den Betrieb nach kurzer Zeit wieder ein (DIETEL 1963: 389). GÜMBEL (1879: 325) bezeichnet diese Proben als „Granatkiese“ und erwähnt darin „Spuren eines Goldgehaltes“.

## 5. Goldgewinnung im bayerischen Vogtland und im Frankenwald

Unmittelbar vor den Toren der Stadt Hof/Saale wurde im bayerischen Vogtland ebenfalls Gold gewonnen. BRUCKMANN (1730: 161) berichtet hierzu: „*An der Saal/beym Sieghauß [Anm. Siechenhaus] an der Stadt Hof auf einer Wießen/Ist vordessen Gold gewaschen worden*“. Neben Seifengold ist bei Hof in den Gruben „Dreifaltigkeit“, „St. Lorenz“ und „St. Wolfgang“ wohl auch Berggold gewonnen worden. Diese Gruben lagen an der „Arnleite“ unterhalb des „Theresiensteines“, direkt an der Saale. Der Landschreiber Matthes Thalmann, der Stadtschreiber Peter Bock, ferner Nickel Hedler, Mattheson Kutrolf und Hansen Schiller erhielten auf der Plassenburg zu Kulmbach am Dienstag nach dem St.-Peter-und-Paulstag 1472 (30. Juni) einen Lehensbrief ausgestellt, mit der Genehmigung „*an der Dreifaltigkeitsgruben und der St. Lorenzgruben unseres Bergmeisters zum Hoff an der Arnleiten und Arnberg jenseits der Saale gelegen, mitsamt einem Suchstollen auf Gold, Silber und Kupfer ... zu bauen*“ (HOFNER 1960: 23). Für die „St.-Wolfgangs-Fundgrube“ an der Arnleite ist zum gleichen Datum ebenfalls ein Lehensbrief erhalten. 1557 und 1587 werden die Gruben nochmals urkundlich erwähnt. Georg Gemelich, Bürger zu Hof, sandte an Hauptmann und Räte einen Bericht über den Befund der oben genannten Gruben. Demnach wurden „*fünfeinhundert Laufkarren Schlich mit Werken [Anm. Erzwaschvorrichtungen] gewaschen und hindurchgesetzt ... So findet sich doch, daß des gewaschenen Goldes herrlich und schön fortzuarbeiten wohl zu raten*“ (HOFNER 1960: 24). Über den weiteren Erfolg der Hofer Goldbergwerke ist nichts bekannt.

Für den Bereich des Frankenwaldes liegen urkundliche Quellen zum Goldbergbau am Seifenbach bei Bad Steben und vor allem für den Gevattergraben bei

Geroldsgrün in der Nähe Bad Stebens vor, wo neben Seifen- vermutlich auch Berggold abgebaut wurde (LEHRBERGER 1996: 33 f.). KRETSCHMANN (1741: I/1521) erwähnt die Orte Steben und Gerolds-Grün ausdrücklich als Orte, wo Seifenwerke in Betrieb standen. Auch die bei Bad Steben heute kaum mehr sichtbaren Spuren der Goldseifen führt er an: „*Was die alten vor große Arbeit in dem Seifenwerk beym Dorff Steben getrieben, weisen nachmahln die Stürz Pläze ...*“ Noch heute erinnert der Name „Seifenbach“ bei Bad Steben an diese Art der Goldgewinnung.

Der Gevattergraben wird bei KRETSCHMANN (1741: I/438, I/584, I/1007) mehrfach erwähnt. Schon 1477 wird u. a. in einem Lehensbuch des Markgrafen Albrecht ein Bergwerk „*Liebe Frau*“ und „*St. Johannis uff dem Gevatterbach bey Steinach am Wald gelegen*“, genannt. BRUCKMANN (1730: 160) berichtet über die Goldseife bei Steben: „*Stebner Stolln/...Ohnweit ist ein Seiffen-Werck/allwo vor dessen Gold gemachet worden/...*“ Dieses Seifenwerk könnte identisch mit dem von HELFRECHT (1797: 121 f.) erwähnten Seifenwerk „*Goldgrube bei Obersteben*“ sein.

Über den Gevattergraben (Abb. 9) schreibt (BRUCKMANN 1730: 160): „*Dirrenweyd/unter Langenbach/bey der so genannten Mühl-Leiten/sind am Gehäng verschiedene Gräben/wie Seiffen-Wercke zu sehen/findet sich eine gilbliche Talck-Arth/aus welcher vor langen Zeiten soll seyn Gold gemachet worden/da noch eine Mühle den Nahmen davon her hat/Gold-Mühle genannt/am Bach die Oelschnitz/gelegen*“. Bei dieser Gold-Mühle sollen auch noch Mahlsteine zur Aufbereitung der gewonnenen Golderze vorhanden gewesen sein: „*.... wie man denn einen runden Stein daselbst zeiget, der wie ein Reibstein aussiehet, und zum Goldreinigen soll gebrauchet werden seyn*“ (ANONYMUS 1767: 461). Bemerkenswert ist ein langer, zum Gevattergraben führender, noch heute sichtbarer Graben, der wohl der Wasserzuleitung zum Auswaschen des Goldes diente. Diesen Graben hob schon ALEXANDER v. HUMBOLDT 1792 bei seinem Besuch am Gevattergraben hervor: „*.... Gevattersgraben, der wegen seiner Gold- und Silberwäsche bekannt ist. Der Graben oder kleine Bach ist kaum 2 Fuß breit und wenige Zoll tief. Er dient wohl nur bloß zur Wäsche selbst, denn man leitete (ein Zeichen, daß der Gewinnst beträchtlich war) von Steinbach um Großenreith [Anm. Orte oberhalb des Gevattergrabens] die Wasser in Spundstücken hinzu. ... Zu beiden Seiten des Grabens sind Haldenstürze und Spuren von Schürfarbeiten. ... Noch vor 15 Jahren waren sächsische Bergleute, andere sagten Venetianer, hier und wuschen wirklich Gold. Die Nachrichten sind alle sehr fabelhaft und unbestimmt. Daß aber hier Gold und Silber wirklich gewaschen wurde, ist außer Zweifel. ... Schmelzöfen, 3–4 Fuß hoch, waren sonst ebenfalls hier vorhanden*“ (v. HUMBOLDT 1792: 119). „*Aus ältester Zeit (14. Jahrhundert)*“ sollen nach GÜMBEL (1879: 301) die Spuren der Goldgewinnung am Gevattergraben und am Seifenbach stammen. Er erwähnt in diesem Zusammenhang eine Sage vom Gevattergraben, die sich sinngemäß am Seifenbach wiederholt: Ein Knecht soll eine Truhe mit Gold gefunden haben. Eine Stimme soll zu ihm gesagt haben, er könne sich jeden Tag nur ein Goldstück herausnehmen. Als der Knecht zur Kirchweih zwei Goldstücke herausnehmen wollte, soll der Deckel zugefallen sein und ihm die Hände weggeschlagen haben.

## 6. Prospektionsaktivitäten in neuerer Zeit

Aufgrund der verstärkten Nachfrage nach Rohstoffen etwa seit 1980 wurde auch die Münchberger Gneismasse erneut Ziel von Prospektionsvorhaben ver-

schiedener Rohstoffkonzerne. Anfang der 80er Jahre begann die ESSO-Erz mit einer geochemischen und geophysikalischen Untersuchung. Die Kampagne führte 1983 zu einem Bohrprogramm bei Ahornberg und bei Plösen.

Nach dem Rückzug der ESSO beschäftigte sich die PREUSSAG AG-Metall ab 1984 mit dem Gebiet der Münchberger Gneismasse und setzte die von der ESSO angefangenen Untersuchungen fort. Erneute Bachsedimentuntersuchungen, Bodenanalysen und geophysikalische Messungen konnten die bereits bekannten Anomalien bestätigen. Die PREUSSAG teufte im Bereich des Goldberggrundes bei Plösen 4 Kernbohrungen ab (Abb. 10). Die Ergebnisse dieser Untersuchungen wurden von HATZL (1986), GRÜNER (1986 u. 1990) sowie von GRÜNER et al. (in diesem Band) ausführlich dokumentiert.

Im Jahr 1996 führte die Deutsche Rio Tinto Mineralien GmbH in der Münchberger Gneismasse eine geochemische Übersichtsprospektion durch. Außerdem wurden erneut zahlreiche Bachsedimentproben untersucht. Die Arbeiten werden im Sommer 1997 fortgesetzt.

Eine kleinere Prospektionskampagne wurde in den Jahren 1983–1985 von der Firma PREUSSAG im Gevattergraben bei Bad Steben durchgeführt. Einige Ergebnisse wurden von EBERT & KERN (1988) publiziert.

**Danksagung:** Bedanken möchten wir uns, ohne einzelne Personen nennen zu können, bei den zahlreichen Gesprächspartnern aus der einheimischen Bevölkerung. Sie haben uns viele wertvolle Hinweise, besonders auf Bergbauspuren im Gelände, sowie auf alte Flurnamen und Sagen, gegeben. Herzlich gedankt sei auch Herrn KLAUS RÜHMER, der die Kurzfassung ins Englische übertrug. Der verstorbene Heimatforscher KARL DIETEL, Münchberg, stellte erstmals umfangreiches Urkundenmaterial zur Geschichte des Goldbergbaues um Plösen zusammen, aus dem zahlreiche Informationen entnommen werden durften. Der Firma PREUSSAG AG und Herrn Dr. THOMAS HATZL danken wir für die Überlassung von Arbeitsergebnissen.

## 7. Literatur

- ANONYMUS (1767): Wöchentliche Historische Nachrichten. LII. Stück. – o. S., Bayreuth.
- BRAND, H. (1921): Die Kupfererzlagerstätte bei Kupferberg i. Oberfranken mit besonderer Berücksichtigung ihrer Beziehungen zur Münchberger Gneismasse. – Geogn. Jh., **34**: 1–102, München.
- BRUCKMANN, F. E. (1730): Magnalia Dei in Locis Subterraneis, oder Unterirdischer Schatz-Kammer aller Königreiche und Länder. – 2. Teil, o. S., Wolfenbüttel.
- CHINTA, R. (1983): Die Erzvorkommen im nordöstlichen Teil von Bayern. – Geol. Bl. NO-Bayern, **33**: 64–82, Erlangen.
- DIETEL, K. (1963): Münchberg. Geschichte einer Amts- und Industriestadt. Band I. – 578 S., Münchberg (Günther).
- EBERT C. & KERN H. (1988): Placergold from the Gevattergraben in the Frankenwald area (Germany) – mineralogical and morphological characteristics and their significance for gold prospecting. – N. Jb. Mineral. Mh., **9**: 405–417, Stuttgart (Schweizerbart).
- GRÜNER, F. (1986): Geologisch-lagersättenkundliche Untersuchungen des Goldvorkommens bei Plösen (Münchberg) in der Münchberger Gneismasse. – Unveröff. Dipl.-Arb., TU München, 191 S., Garching.
- GRÜNER, F. (1990): Zur Genese der Goldvererzungen in den Amphiboliten der Hangendserie der Münchberger Gneismasse, NE-Bayern. – Diss., TU München, 259 S., München.

- GÜMBEL, C. W. (1879): Geognostische Beschreibung des Fichtelgebirges mit dem Frankenwalde und dem westlichen Vorlande. – 698 S., Gotha (Perthes).
- HATZL, T. (1986): Geologisch-lagerstättenkundliche Untersuchungen am Goldvorkommen bei Ahornberg/Münchberg mit einer Bachsedimentprospektion auf Gold in der Münchberger Gneismasse. – Unveröff. Dipl.-Arb., TU München, 264 S., Garching.
- HELPRECHT, J. T. B. (1797): Versuch einer orographisch-mineralogischen Beschreibung der Landeshauptmannschaft Hof. – o. S., Hof (Grau).
- HOFNER, H. (1960): Gold- und Silberbergwerk in Alt-Hof. – Siebenstern, **29**: 23–24, Wunsiedel.
- HOFNER, H. (1975): Ortschronik Konradsreuth. Band V. – Unveröff. Ms., Archivnr. 322/1/7a, 330 S., Konradsreuth.
- HÜBSCH, J. G. A. (1863): Geschichte der Stadt und des Bezirks Naila. – 144 S., Helmbrechts.
- HUMBOLDT, A. VON (1792): Über den Zustand des Bergbaus und Hütten-Wesens in den Fürstentümern Bayreuth und Ansbach im Jahre 1792. – Neuauflage bearbeitet v. KÜHNERT, H. in: Freiberger Forsch.-H., R. Kultur und Technik, **D 23**: 219 S., Berlin (Akad.-Verl.).
- KÖHL, O. (1913): Zur Geschichte des Bergbaues im vormaligen Fürstentum Kulmbach – Bayreuth, mit besonderer Berücksichtigung der zum Frankenwalde gehörenden Gebiete. – 144 S., Hof (Kleinschmidt).
- KRETSCHMANN, J. W. (1741, Neudruck 1994, VIESSMANN, H. [Hrsg.]): Sammlung zu einer Berg-Historia des Markgraftums Brandenburg-Bayreuth. – 1548 S., Arzberg-Selb-Hof (Arzberger).
- LEHRBERGER, G. (1996): Goldlagerstätten und historischer Goldbergbau in Bayern. – In: Gold im Herzen Europas, Schr.-R. Bergb. Ind.-Mus. Ostbayern, **34**: 17–64, Theuern.
- MÜNCHBERGER WOCHENBLATT (1881): Goldgewinne bei Schödlas. – 45. Jg., Nr. **82**: 462, v. 19. 10. 1881, Münchberg.
- MÜNCHBERGER WOCHENBLATT (1885): Alte Erdhügel an den Bächen. – 49. Jg., **72**: 406, v. 12. 9. 1885, Münchberg.
- REICHOLD, A. (1986): Sagen aus Bayerns Nordostgebieten. – 220 S., Hof (Hoermann).
- SCHMIDT, A. (1907): Die Goldgewinnung im Fichtelgebirge. – Z. Berg-, Hütten- und Salinenwesen, **55**: 1–10, o. O.
- SCHUBERTH, H. (1930): Auf der Suche nach Gold im nördlichen Oberfranken. – Siebenstern, **4**: 69–72, Wunsiedel.
- SEIDEL, C. (1940): Die Pulschnitz. – Siebenstern, **14**: 2–5, Wunsiedel.
- SEIFFERT, H. (1956): Helmbrechts. Geschichte einer oberfränkischen Kleinstadt. – 263 S., Helmbrechts (Saalfrank).
- STAATSARCHIV BAMBERG (o. J.): Bestand C9/VI. Nr. 17838.
- VEITH, H. (1870): Deutsches Bergwörterbuch. – 2 Abt., 600 S., Breslau (Korn).
- WACHTER (1928): Vom ehemaligen Bergbau in Berneck i. F. – Siebenstern, **2**: 193–195, Wunsiedel.
- WAGENBRETH, O., WÄCHTLER, E., BECKE, A., DOUFFET, H. & JOBST, W. (1990): Bergbau im Erzgebirge. Technische Denkmale und Geschichte. – 504 S., Leipzig (Dt. Verl. Grundstoffind.).
- WENZEL, C. (1888): Ortschronik Konradsreuth, angelegt am 1. September 1888. – Unveröff. Ms., 396 S., Konradsreuth.
- ZAPF, L. (1884): Die Ortsnamen im Amtsbezirk Münchberg. – Archiv f. Gesch. v. Oberfranken, **16**: 157–163, Bayreuth (Ellwanger).

# Die Galgenleite bei Goldkronach – Geologie und Geschichte eines Goldbergbauversuchs im Bernecker Gneiskeil, Fichtelgebirge

Von WOLFGANG IRBER, EBERHARD ARNOLD, HORST HEDLER,  
STEFAN HEDLER und GERDT PEDALL

Mit 1 Abbildung

## Kurzfassung

Nach dem Ende des Goldbergbaus in Goldkronach-Brandholz im Jahr 1925 wurde von 1926 bis 1933 an der Galgenleite bei Goldkronach ein neuer Bergbauversuch unternommen. Über die Hintergründe des Unternehmens gelangte so gut wie nichts an die Öffentlichkeit. 60 Jahre nach dem Ende des Bergbauversuchs wurden die Befahrungsprotokolle im Bergamt Bayreuth eingesehen und der verschüttete Stolleneingang wieder entdeckt. Eine Untersuchung des in Vergessenheit geratenen Unternehmens ergab, daß für einen Goldbergbau an dieser Stelle keine geologischen Gründe erkennbar sind.

## Abstract

After the main period of gold mining in Goldkronach-Brandholz in 1925, a new adit was opened outside of the historical mining area in 1926, and closed in 1933. No information about it was made public. Sixty years later, the historical mining documents were scrutinized and the buried adit was found again and reopened. An investigation of the former mining activity revealed that no geological factors could have been responsible for opening a gold mine at this place.

## Inhalt

1. Einleitung .....	101
2. Geschichte des Bergbaus .....	102
3. Geologie und Tektonik .....	104
4. Goldvererzung an der Galgenleite? .....	106
5. Beurteilung und Zusammenfassung .....	106
6. Literatur .....	107

## 1. Einleitung

Sechshundert Jahre lang war das Erzrevier um Goldkronach Mittelpunkt zahlreicher Bergbauaktivitäten gewesen, doch wirtschaftliche Gründe erzwangen 1925 auch die Schließung der letzten und goldreichsten Grube, die zuletzt von der Fich-

---

Anschriften der Verfasser: Dr. WOLFGANG IRBER, Kampenwandstr. 3a, D-83278 Traunstein; EBERHARD ARNOLD, Heimatmuseum Goldkronach, Marktplatz 16, D-95497 Goldkronach; HORST HEDLER, Königstr. 29, D-95028 Hof; STEFAN HEDLER, Brunnenberg 12, D-95493 Bischofsgrün; GERDT PEDALL, Flurstr. 24, D-95473 Haag.

telgold AG betrieben worden war (PASCHER 1985). Entgegen diesem Trend wurde ein Jahr später, nordöstlich von Goldkronach an der Galgenleite und damit etwas außerhalb des eigentlichen Erzreviers (vgl. Abb. 2 in IRBER & ARNOLD, dieser Band), ein neuer Bergbauversuch begonnen, der sich mit einem zwischenzeitlichem Stillstand von sieben Jahren bis 1933 hinzog. Fast vollkommen in Vergessenheit geraten, taucht er bisher in der einschlägigen Literatur über den Goldkronacher Bergbau nicht auf; lediglich Gerüchte über einen alten Goldstollen an der Galgenleite hatten sich in der Bevölkerung gehalten.

Sechzig Jahre nach der Schließung sah man im Bergamt Bayreuth die alten Befahrungsprotokolle ein (kein Aktenzeichen), die zusammen mit dem geringen Schriftverkehr die Grundlage für diesen Artikel bilden und auf Wunsch im Heimatmuseum Goldkronach eingesehen werden können. Nach den alten Grubenplänen wurde das verschüttete Stollenmundloch wiedergefunden. In Zusammenarbeit mit dem Heimatmuseum Goldkronach und der Speläogruppe Nordostoberfranken wurde der Stollen für zwei Tage geöffnet, neu vermessen und geologisch untersucht. Hauptziel war es, die Umstände seines Betriebs näher zu beleuchten und ein Urteil aus heutiger Sicht über dessen mögliche Rentabilität abgeben zu können. Gleichzeitig sollte ein eventueller geologischer Bezug zu den Erzgängen bei Brandholz untersucht werden.

## 2. Geschichte des Bergbaus

Ende Juli 1926 wurden unter der Leitung von MAX LEGER, einem Kaufmann aus Nürnberg, die Aufschlußarbeiten für einen Stollen an der Straße von Goldkronach nach Goldmühl aufgenommen. Konkrete geologische Gründe für die Wahl dieser Stelle werden nicht genannt. In den Befahrungsprotokollen findet sich dazu der Satz: „Bei 15 bis 16 m Stollenlänge soll ein goldhaltiger Quarzgang nach Angabe eines Wünschelrutengängers angefahren werden.“ Einen Monat nach Beginn der Arbeiten wurde bei der Berginspektion die Abbaugenehmigung beantragt; zu dieser Zeit waren bis zu 12 Mann in zwei Schichten beschäftigt (BERGAMT BAYREUTH 1934).

Nach den ersten Metern Stollenvortrieb traf man eine ca. 20 cm mächtige, verquarzte Zone im Gneis an, die für die weitere Richtung des Vortriebs nach NW bestimmend wurde (Abb. 1).

Eine Beprobung der verquarzten Zone durch Bergrat CULMANN (bayer. Berginspektion, Bayreuth) ergab überraschend hohe Goldgehalte von 16 g/t. Über die Art der Goldführung finden sich jedoch keine näheren Angaben. Wenige Monate nach Beginn der Arbeiten ging die verquarzte Zone durch eine Störung verloren (Abb. 1) und die Arbeiten wurden fürs erste eingestellt. Von Aufbereitungsversuchen des bisher geförderten Materials ist weder zu diesem noch zu einem späteren Zeitpunkt etwas bekannt geworden; alles gewonnene Material scheint nur auf Halde geschüttet worden zu sein.

Erste Zweifel an dem hohen Goldgehalt sind aus dem Jahr 1931 in einem Brief an die Berginspektion Bayreuth dokumentiert (Brief von A. NAAF v. 26. 1. 1931). Der Bergingenieur aus Regensburg äußerte seine Bedenken, als er um eine allge-

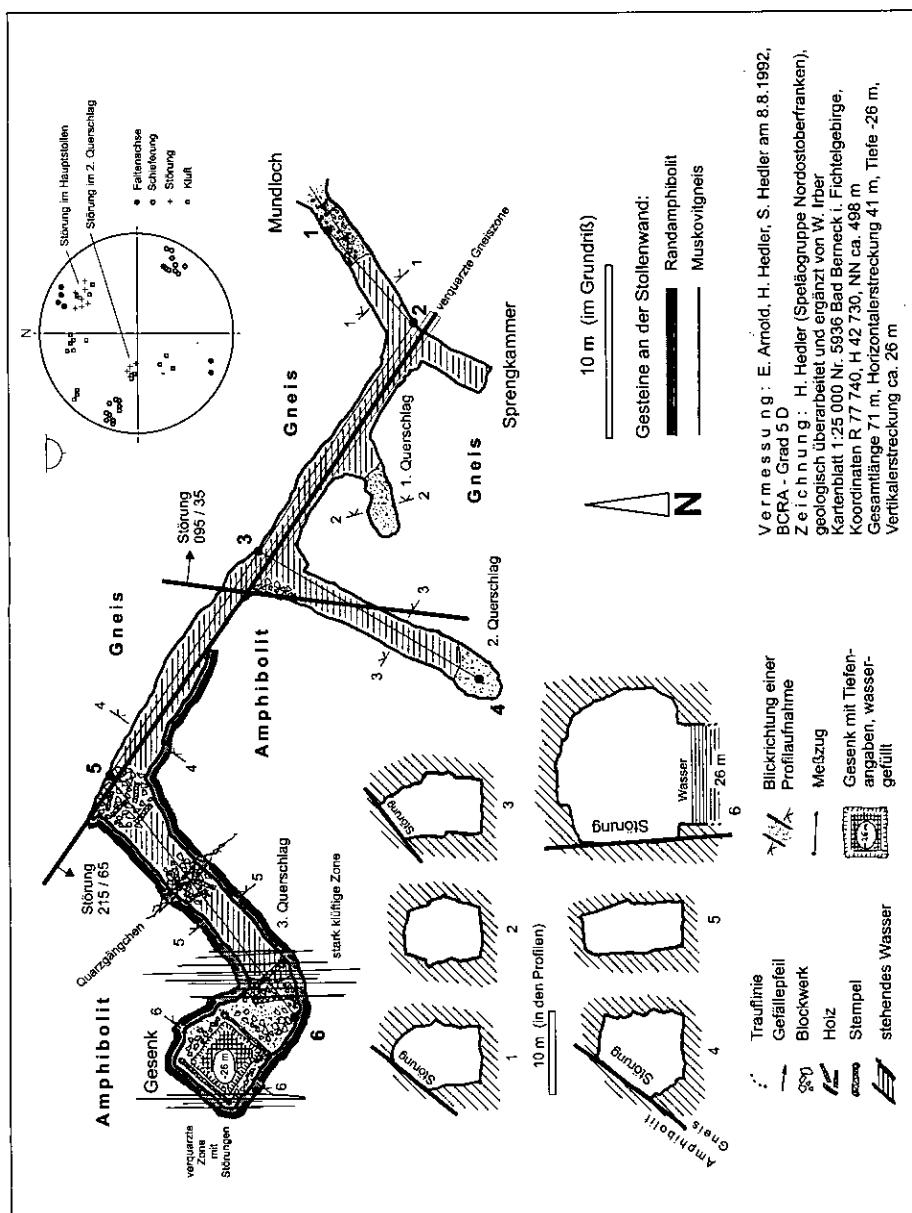


Abb. 1. Stollengrundriß des Bergwerkes an der Galgenleite.

meine Einschätzung des seiner Meinung nach zweifelhaften Unternehmens bittet. Ihn hätte das Verhalten des Eigentümers stutzig gemacht, der das Angebot einer Probenahme abgelehnt habe. Nach den Andeutungen in dem Brief muß sich der Eigentümer der Grube zu dieser Zeit auf der Suche nach neuen Investoren befunden haben. In diesem Zusammenhang sollen auch Gerüchte über weitere lohnende Erzvorkommen im Fichtelgebirge in Umlauf gebracht worden sein.

Sieben Jahre nach der vorübergehenden Stilllegung wurden die Arbeiten im Dezember 1933 mit Finanzierung durch die neu gegründete Gewerkschaft Goldkronach-Nürnberg fortgeführt. Die Leitung hatte wiederum MAX LEGER. Man versuchte die verlorene, verquarzte Gneiszone über einen 11 m langen Querschlag nach SW wiederzufinden, jedoch ohne Erfolg. Daraufhin wurde der Hauptstollen in ursprünglicher Richtung bis auf eine Länge von 24 m vorgetrieben. Stark nachbrüchiges Gebirge zwang schließlich nach SW querschlägig auszuweichen. Zahlreiche herabgestürzte Felsbrocken kennzeichnen noch heute diesen einsturzgefährdeten Bereich.

Nach 6 m Querschlag wurde ein schmaler Quarzgang (7 cm) durchfahren, in dem neben Spuren von Chalkopyrit und Malachit auch Freigold gefunden worden sein sollen. Von einer Goldanalyse ist allerdings nichts bekannt: Nach 12 m erreichte man eine Störungszone (0,5 m), die von bläulich-grauen, stark zerscherten Quarzlinsen durchzogen ist.

Aufgrund der extremen Brüchigkeit des Gebirges war ein Weiterarbeiten in dem bestehenden Niveau nicht mehr möglich. Man begann einen Schacht abzuteufen, der mit 32 m Teufe bis auf die Talsohle reichen sollte (heutige gemessene Teufe 24 m). Bei rund 10 Meter Schachttiefe stieß man erneut auf einen Quarzgang (ca. 20 cm mächtig), zu dem ebenfalls keine Angaben über eine eventuelle Erzführung vorliegen. Es wurde vermutet, daß er mit dem im Querschlag bei 6 m angetroffenen Quarzgängchen in Verbindung stehen könnte. Die angestrebte Endteufe des Schachtes von 32 m wurde aufgrund zunehmender Bewetterungsprobleme nie erreicht.

1934 ließ man in Gegenwart von Berginspektor STEINER (Bayerische Berginspektion Bayreuth) zum zweitenmal eine Probenahme durchführen. Zu dieser Zeit arbeiteten 11 Mann im Stollen. Zwölf Gneisproben wurden verteilt über den gesamten Bergwerksbereich genommen und wie acht Jahre zuvor in Freiberg analysiert (Staatl. Sächs. Hütten- und Blaufarbenwerke). Die Analysen ergaben einen Durchschnittsgehalt von nur 1,8 g Gold pro Tonne, der damit mindestens um das Zehnfache für einen rentablen Bergbau zu niedrig lag. Aus dem Fehlen weiterer Unterlagen kann geschlossen werden, daß das endgültige Ende des Bergbaus noch im gleichen Jahr erfolgt sein muß.

### 3. Geologie und Tektonik

Die Galgenleite liegt geologisch am Südrand des Bernecker Gneiskeils, einem kleinen, tektonisch isolierten Teilstück der nur wenige Kilometer weiter im Norden liegenden Münchberger Gneismasse (vgl. Abb. 1 in IRBER & ARNOLD, dieser Band). Durch seine isolierte Lage war der Bernecker Gneiskeil seit jeher Gegenstand detaillierter Untersuchungen gewesen, und wurde als Schlüssel zum Verständnis der tektonogenetischen Situation der Münchberger Masse betrachtet (BRENNICH 1930; SANDEMANN 1952, 1957, 1960; HOFMANN & RICHTER 1959). Am Südwestrand (= Galgenleite) beschränkt sich die komplexe Lithologie des Gneiskeils im wesentlichen auf die Gneise der Liegendserie und die Amphibolite der Randschieferserie. Bereits ein Blick auf die geologische

Karte (Blatt Bad Berneck i.F. 5936) zeigt, daß die heutige, relative Lage der beiden Gesteinseinheiten zueinander durch tektonischen Vertikalversatz bestimmt ist.

An der Galgenleite wurde der Stollen am Waldrand auf halber Höhe der Talflanke in den Gneisen der Liegendserie aufgefahren. Im vorderen Stollenbereich sind Muskovitgneise aufgeschlossen, in denen vereinzelt zentimetergroße Feldspatblasten auftreten. Ab dem zweiten Querschlag schließen an einer Störung Amphibolite an (Abb. 1), die den Meta-Basalten der Randamphibolitserie angehören. Ausführliche petrographische Beschreibungen dieser Gesteinseinheiten finden sich bei STETTNER (1977).

Das Hauptgefügemerkmal der Gesteine ist eine steilstehenden Schieferung mit flach liegender Faltenachse (NNE–SSW; vgl. auch HOFMANN & RICHTER 1959). Die unterschiedlichen Einfallwinkel der Schieferung und der Faltenachsen deuten die relative Rotation der einzelnen, durch Störungen voneinander getrennten Gesteinsblöcke an. SANDEMANN (1957) vermutete antithetische Schollenrotierungen an NW–SE-streichenden Verwerfungen mit relativer Absenkung der Westscholle.

Das dominante Störungssystem im Stollen wie im gesamten Bernecker Gneiskeil streicht NW–SE und fällt mit 50–70° nach SW ein. Zu dem System gehören (i) die verquarzte Zone des Hauptstollens, (ii) fast alle weiteren aufgefundenen Quarz- und Karbonatgänge, und (iii) der tektonische Kontakt zwischen Gneis und Amphibolit im hinteren Stollenbereich. Harnischflächen deuten eine zuletzt erfolgte Bewegung im Sinne einer Aufschiebung an. Eine weiteres markantes Störungssystem im Stollen streicht nahezu N–S und fällt mit ca. 35° nach SE ein. Die Bewegungsrichtung ist nicht erkennbar. Eine Störung dieses Systems ist im zweiten Querschlag für die Verwerfung der zu Beginn des Bergbaus verfolgten, verquarzten Gneiszone verantwortlich.

Auffällig für den gesamten Stollenbereich ist die starke Klüftung (z. B. 180/60) und Zerscherung des Gesteins mit der Ausbildung zahlreicher Harnische auf Störungs- und Schieferungsflächen. STETTNER (1977) beschrieb dies als charakteristisches Kennzeichen für den südlichen Bereich des Bernecker Gneiskeils. Die gemessenen, dominanten Klüfte und Störungen im Stollenbereich lassen ein konjugiertes System mit flach liegender Einengungsrichtung in NW–SE-Richtung erkennen. Die Ursache für diese Phänomene ist wahrscheinlich in der Überschiebung des Bernecker Gneiskeils auf das schwachmetamorphe Paläozoikum zu suchen. Ein weiterer Grund könnte in der postvariskischen Scheretektonik liegen, die bei Goldkronach der Auslöser für die bekannten Vererzungen zu sein scheint (vgl. IRBER & ARNOLD, dieser Band), und zuletzt für eine Rücküberschiebung des Bernecker Gneiskeils in südöstliche bis östliche Richtung sorgte (BRENNICH 1929; SANDEMANN 1957; HOFMANN & RICHTER 1959). Gleichzeitig kam es zu einer intensiven Verschuppung der liegenden, paläozoischen Einheiten.

Die zahlreichen Störungszonen und Kluftrichtungen, z. T. mit Quarz bzw. Karbonatverfüllung, bewirken eine starke Auflockerung des Gebirges, dessen geringe Standfestigkeit fortlaufend Schwierigkeiten beim Stollenvortrieb bereitet haben muß. Besonders gebräche Bereiche sind heute im Stollen durch zahlreiche herabgefallene Felsbrocken gekennzeichnet (Abb. 1).

Im gesamten Stollensystem konnten bei der Befahrung an keiner Stelle Erzgänge mit interessanten Sulfidgehalten festgestellt werden. Alle aufgefundenen Quarz- und Karbonatgänge, einschließlich der verquarzten Gneiszone im Stollenanfang, sind auffallend sulfidarm. Seltene Erzminerale wie Chalkopyrit und dessen Alterationsprodukt Malachit sowie sekundärer Hämatit wurden bereits von WURM (1925) als typisch für Karbonatgänge im Bernecker Gneiskeil beschrieben.

#### 4. Goldvererzung an der Galgenleite?

In den hochmetamorphen Gesteinseinheiten der Münchberger Gneismasse, zu der die Gesteine der Galgenleite gehören, sind zahlreiche Goldvererzungen bekannt (LEHRBERGER 1996; GRÜNER & HATZL, dieser Band). Die Vererzungen sind an die Amphibolite (Meta-Basalte) der Hangendserie gebunden (GRÜNER 1990), wie z. B. die Vorkommen bei Ahornberg, Plösen und Birnstengel rund um Münchberg entlang der Autobahn A 9. Eine Goldführung in Gesteinen äquivalent zu denen der Galgenleite, d. h. den Gneisen der Liegendserie oder den Amphibolithen der Randschieferserie, ist dagegen unbekannt. Eine geologische Verbindung zwischen der Galgenleite und den bekannten Goldvorkommen der Münchberger Gneismasse läßt sich daher nicht herstellen.

Ein angeblicher Goldbergbauversuch im Bernecker Gneiskeil am Königstuhl bei Bad Berneck (SANDEMANN 1957) ist durch keine weiteren Unterlagen belegt, so daß hier in diesem Rahmen nicht näher darauf eingegangen werden kann. Der Stollen wurde kürzlich durch Baumaßnahmen wieder angefahren und verläuft unter der heutigen Bundesstraße 303 von Bad Berneck nach Lanzendorf im Bereich der Tankstelle am Ortsausgang von Bad Berneck.

Jüngste Untersuchungen des Goldkronacher Erzreviers deuten an, daß die Region zwischen Fränkischer Linie und Bernecker Störung von einer postvariskischen, kompressiven Spannungssituation betroffen wurde (IRBER 1992; IRBER & ARNOLD, dieser Band). Bei Goldkronach war damit eine Fluidbewegung verbunden, die zu einer bereichsweisen Anhebung des durchschnittlichen Goldgehaltes und zur Vererzung führte (vgl. auch RICHTER 1986). Die Goldanreicherungen konzentrieren sich vor allem auf die Bewegungsbahnen zwischen den Gesteinseinheiten. Eine vergleichbare tektonische Situation liegt an der Galgenleite in der Scherzone zwischen dem Bernecker Gneiskeil und dem schwachmetamorphen Paläozoikum vor. Dieser lithologische Kontakt wurde bereits von SANDEMANN (1957) als intensive Störungszone charakterisiert. Die überdurchschnittlichen Goldgehalte von 1,8 g/t in den Gneisen gegenüber einem normalen Krustenwert von ca. 0,002 g/t könnten sich auf diesem Wege erklären lassen, allerdings kann die Qualität der Analysen bzw. des beprobten Materials im nachhinein nicht mehr beurteilt werden. Eine geologische Interpretation auf dieser Basis erscheint daher als zu unsicher.

#### 5. Beurteilung und Zusammenfassung

Nach den angeführten geologischen Befunden lassen sich theoretisch im Bereich des Bernecker Gneiskeils als Folge der postvariskischen Scher-tektonik und Fluidbewegung kleinere Goldmineralisationen vermuten. Allerdings sind

weder in den alten Befahrungsprotokollen noch bei der jüngsten geologischen Aufnahme nennenswerte Sulfid- oder gar Freigoldgehalte festgestellt worden, so daß ein eventuell vorhandenes Goldvorkommen im Bereich der Galgenleite allenfalls mineralogisches Interesse besitzen dürfte. Der angebliche Fund von Freigold (oder Chalkopyrit?) nach der Erwähnung in einem Schreiben vom 19. 6. 1934 muß wahrscheinlich unter diesem Gesichtspunkt gesehen werden. Da das gesamte Haldeinmaterial im Zuge der Flurbereinigung für die Wegbeschotterung abgefahren worden ist, sind auch über die Prüfung dieses Materials keine genaueren Kenntnisse mehr zu bekommen.

Nach den vorliegenden Ergebnissen ist es daher wahrscheinlich, daß viel zu geringe Goldgehalte, Schwierigkeiten mit dem in Oberflächennähe stark gebrächen Gebirge und Probleme mit der Bewetterung des Stollens den Bergbauversuch letztendlich hatten scheitern lassen. Fundierte geologische Gründe für die Auffahrung eines Stollens an dieser Stelle, wie z. B. eine sichtbare Vererzung, sind bei einer heutigen Begehung nicht erkennbar und lagen auch mit großer Wahrscheinlichkeit damals nicht vor. Ferner ist in den vergangenen Jahrhunderten an dieser Stelle nie ein Bergbauversuch bekannt geworden, was bedeutet, daß diese Gegend noch nie als häufig angesehen worden war. Ausschlaggebend für die Wahl der Galgenleite scheinen daher allein die Angaben eines Wünschelrutengängers und die Nähe zu den allgemein bekannten Goldvererzungen bei Goldkronach bzw. Brandholz gewesen sein.

## 6. Literatur

- BERGAMT BAYREUTH (1934): Betriebsakte der Golderzgrube „Goldkronach“ und „Heinrichsglück“ bei Goldkronach des Carl Leger, Nürnberg, 1926–1934. – Sign. E19, Bayreuth.
- BRENNICH, G. (1929): Der Gneiskeil bei Berneck im Fichtelgebirge. – Geol. Rdsch., **20**: 218–232, Berlin.
- GRÜNER, F. (1990): Zur Genese der Goldvererzungen in den Amphiboliten der Hangendserie der Münchberger Gneismasse, NE-Bayern. – Diss. TU München, 259 S., München.
- HATZL, T. (1986): Geologisch-lagerstättenkundliche Untersuchungen am Goldvorkommen bei Ahornberg/Münchberg mit einer Bachsedimentprospektion auf Gold in der Münchberger Gneismasse. – Unveröff. Dipl.-Arb., TU München, 264 S., Garching.
- HOFMANN, R. & RICHTER, D. (1959): Kleintektonische Probleme des westlichen Fichtelgebirges zwischen Goldkronach und Erbendorf. – N. Jb. Geol. Paläont., **108**: 215–238, Stuttgart.
- IRBER, W. (1992): Das Golderzrevier von Goldkronach-Brandholz im Fichtelgebirge – Petrographie, Tektonik und lagerstättenkundliche Untersuchung mit der Entwicklung eines neuen Genesemodells. – Unveröff. Dipl.-Arb., TU München, 232 S., Garching.
- LEHRBERGER, G. (1996): Goldlagerstätten und historischer Goldbergbau in Bayern. – In: Gold im Herzen Europas, Schr.-R. Bergb.- Ind.-Mus. Ostbayern, **34**: 17–64, Theuern.
- PASCHER, G. (1985): Gold aus dem Fichtelgebirge. – Lapis, **10**: 25–42, München.
- RICHTER, P. (1986): Zum Auftreten von Gold im nordost-bayerischen Grundgebirge. – Geologica Bavaria, **89**: 49–65, München.
- SANNEMANN, W. (1952): Erläuterung zur Teilkartierung des Gradabteilungsblattes Bad Berneck i. F. 1 : 25 000. – Unveröff. Dipl.-Arb. Univ. Würzburg, o. S., Würzburg.
- SANNEMANN, W. (1954): Stratigraphische und tektonische Untersuchungen im Südwestteil der Münchberger Gneismasse und deren Umrahmung. – Diss. Univ. Würzburg, o. S., Würzburg.

- SANNEMANN, W. (1957): Gefügetektonische Untersuchungen im Südwestteil der Münchberger Gneismasse und deren Umrahmung. – N. Jb. Geol. Paläont., Mh.: 58–65, Stuttgart.
- SANNEMANN, W. (1960): Das Profil am Königstuhl bei Bad Berneck im Rahmen des Bernecker Gneiskeils. – Erlanger geol. Abh., 33: 22 S., Erlangen.
- STETTNER, G. (1977): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 5936 Bad Berneck i. F. – 225 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- WURM, A. (1925): Geologie von Bayern. 1. Teil, Nordbayern, Fichtelgebirge und Frankenwald. – Handb. Bodenschätze Deutschlands, o. S., Berlin.

Manuskript bei der Redaktion eingegangen am 24. 6. 1997.

# Goldkronach-Brandholz im Saxothuringikum des Fichtelgebirges – neue Aspekte zur Genese der bekanntesten bayerischen Goldlagerstätte

Von WOLFGANG IRBER & EBERHARD ARNOLD

Mit 24 Abbildungen

## Kurzfassung

Die Gold-Antimon-Vererzungen von Goldkronach-Brandholz am Westrand des Fichtelgebirges waren die Grundlage für einen 600jährigen Bergbau, der auf Gold und zeitweilig auf Antimon ausgerichtet war. Das Erzvorkommen ist das einzige bekannte dieser Art im bayerischen Grundgebirge. Eine detaillierte Bachsedimentprospektion ergab, daß die Goldführung auf den Bereich zwischen zwei großen Störungen beschränkt ist: der Fränkischen Linie im Westen und der Bernecker Störung im Nordosten. Die rund ein Dutzend bekannten Erzgänge sind in dieser Zone an tektonische Strukturen gebunden, die wahrscheinlich in Folge einer postvariszischen, kompressiven Spannungssituation im Zuge der Aufschüttungen an der Fränkischen Linie (Kreide?) angelegt wurden. Der bunte lithologische Aufbau des Erzreviers (Ordovizium bis Oberdevon) mit Metasedimenten, z. T. in Schwarzschieferfazies, und wenigen Metabasiten, trug durch die unterschiedliche Reaktion der Gesteine auf tektonischen Druck wesentlich zu dem komplexen Gesamtbild des weitläufigen Erzreviers bei. Die goldreichsten Erzgänge ( $\varnothing$  4 g/t Au) setzen sich aus einer bunten Mineralassoziation von Arsenopyrit mit Freigold, Pyrit, Antimonit, Pb- und Sb-Sulfosalzen, Fahlerzen, geringen Anteilen von Galenit, Sphalerit, Wolframit, Scheelit(?) sowie den Gangarten Quarz und verschiedenen Karbonaten zusammen. Entgegen früheren Ansichten, die die nur wenige Kilometer entfernten Granite des Fichtelgebirges als Quelle des Goldes sahen, werden die Metalle heute als Mobilisate aus dem unmittelbaren Nebengestein betrachtet, z. B. Antimon aus Schwarzschiefern und Gold aus klastischen Metasedimenten.

## Abstract

The gold-antimony-mineralization of Goldkronach-Brandholz made gold and antimony mining possible for about 600 years. It is the only known occurrence of this type of mineralization in the Fichtelgebirge. A detailed stream sediment sampling revealed that the gold mineralization is limited to an area of shear tectonics framed by two major faults: the Franconian line in the West and the Berneck fault in the East. The dozen known mineralizations are linked to tectonic structures generated by locally restricted post-Hercynian (Cretaceous?) shear tectonics. The lithology of the ore field (part of the Saxothuringian, Ordovician to Upper Devonian) is built up of a heterogeneous sequence of meta-sediments, some in black shale facies, and minor meta-basites. The specific reactions of the variable rocks to tectonic stress caused the complex structures of the ore field. The ore veins richest in gold ( $\varnothing$  4 g/t) consist of arsenopyrite with gold in cracks, Pb- and Sb-sulfosalts, fahlore, pyrite, antimonite, minor galena, sphalerite, wolframite, scheelite(?) and quartz as well as some carbonate. Contrary to former interpretations, which linked the metals genetically with the granites of the Fichtelgebirge, it is now assumed that the metals have been mobilized from the host rock, e.g. antimony from black shales and gold from psammitic metasediments.

## Inhalt

1.	Einleitung . . . . .	110
2.	Geologischer Überblick . . . . .	113
3.	Geologischer Aufbau des Erzreviers . . . . .	113
4.	Bachsedimentuntersuchungen . . . . .	117
5.	Gliederung des Erzreviers . . . . .	124
6.	Mineralogie und Bildungstemperatur der Erzgänge . . . . .	124
7.	Die Goldführung in den Erzgängen . . . . .	126
8.	Das Gold in den Nebengesteinen . . . . .	127
9.	Tektonik der Nebengesteine und der Erzgänge . . . . .	131
10.	Tekto-genetisches Modell . . . . .	134
11.	Zusammenfassung . . . . .	138
12.	Literatur . . . . .	139

## 1. Einleitung

600 Jahre lang war Goldkronach-Brandholz am Westrand des Fichtelgebirges, ca. 12 km nordöstlich von Bayreuth in Oberfranken, das Zentrum des süddeutschen Goldbergbaus gewesen (Abb. 1). Nach einer Blütezeit im 14. Jh. erlebte der Bergbau nur mehr wenige Phasen größerer Rentabilität, die zum Teil lediglich durch die zusätzliche Verarbeitung von Antimon möglich gewesen waren. Wenige Golddukaten erinnern heute noch an die Zeiten unerwartet guter Ausbeute (ZÜRL, dieser Band). Im Jahre 1925 erzwangen wirtschaftliche Gründe aufgrund technischer Schwierigkeiten die endgültige Schließung des Bergbaus (PASCHER 1985). Aus dieser Zeit stammen die wichtigsten lagerstättenkundlichen Arbeiten, die durch ihre zahlreichen, geologisch-mineralogischen Detailbeschreibungen ihre Bedeutung bis heute bewahrt haben (TRÖGER 1924; BUSCHENDORF 1930, 1931).

Mitte der 70er Jahre ließen Explorationskampagnen verschiedener Firmen die Hoffnung auf eine Weiterführung des Bergbaus aufkeimen, ein Sturz des Goldpreises entzog den laufenden Untersuchungen jedoch die finanzielle Grundlage. Dadurch und bedingt durch die leidenschaftlichen Aktivitäten von G. PASCHER (PASCHER 1985) war das Interesse der heimischen Bevölkerung an ihrer Bergbaugeschichte erneut erwacht. Einer der zahlreichen alten Stollen am Goldberg, der sog. „Schmutzler“ im Kronachtal (Abb. 2), wurde 1985 als Besucherbergwerk wiedereröffnet, zusätzlich ist der Stollen „Mittlerer Name Gottes“ seit September 1997 öffentlich zugänglich. Seit 1991 widmet sich im neu eröffneten Heimatmuseum eine geologisch-montanhistorische Abteilung der Goldvererzung und dem Bergbau. Im Gelände wurden die ehemaligen Bergbaulokalitäten mit Tafeln gekennzeichnet und sind über den „HUMBOLDT-Wanderweg“ für den interessierten Besucher erschlossen. Eine geologische Neubearbeitung des Erzreviers im Rahmen einer Diplomarbeit an der TU München (IRBER 1992) unterstützte die Dokumentation des historischen Bergbaus und bildet die Grundlage für diesen Artikel.

Aus Platzgründen kann hier keine vollständige Beschreibung des weitläufigen Erzreviers stattfinden; weitere Details, z. B. zur Bergbaugeschichte, finden sich bei BUSCHENDORF (1930, 1931), PASCHER (1985), ARNOLD & LEHRBERGER (1990), IRBER (1992) und ZÜRL (dieser Band). Alle Arbeiten sind in der Bibliothek des Heimatmuseums Goldkronach auf Wunsch einsehbar.

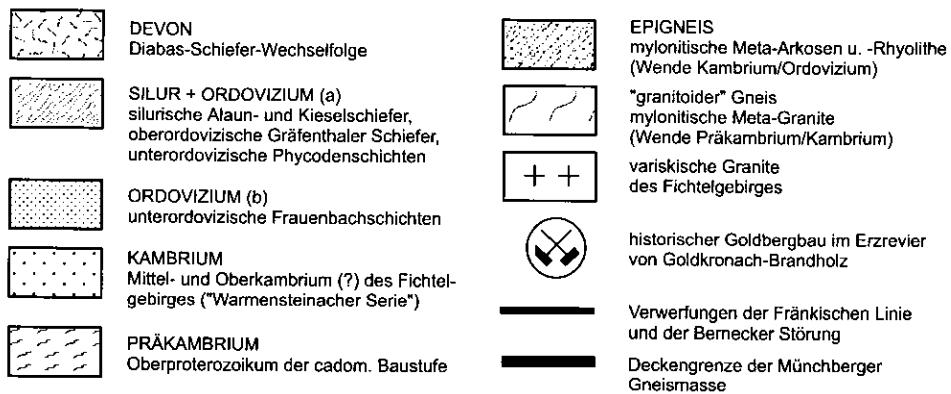
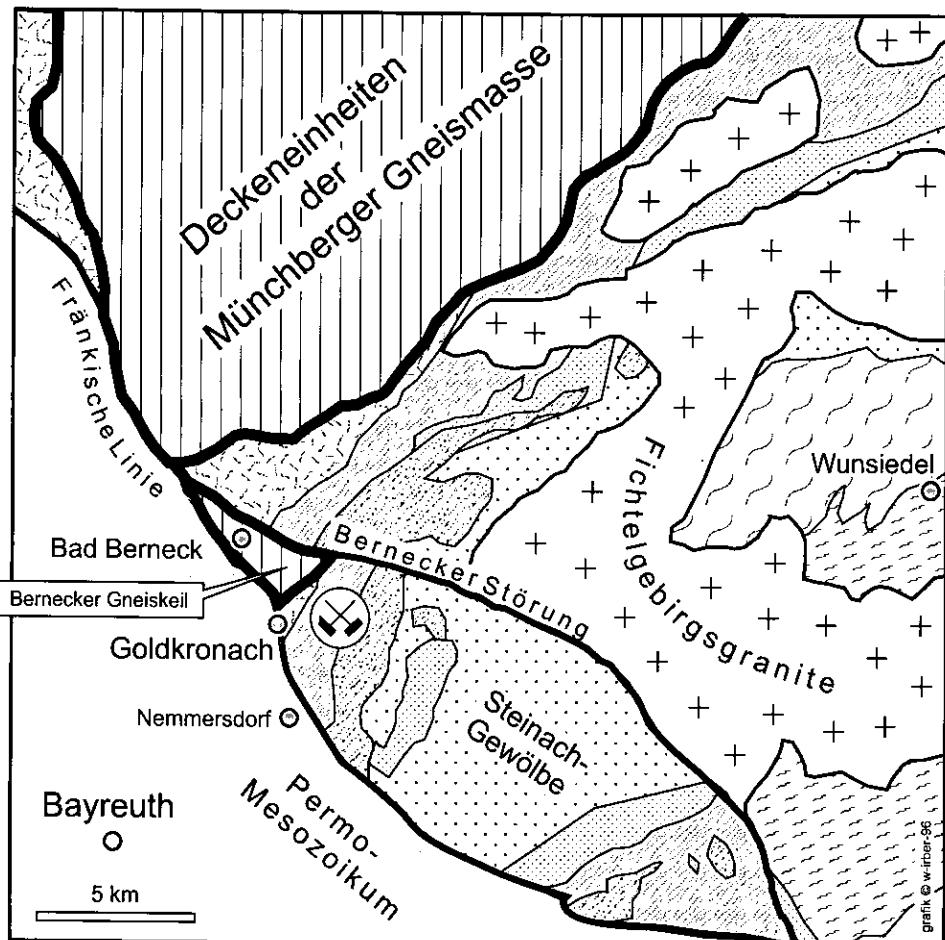


Abb. 1. Geologische Kartenskizze der näheren Umgebung von Goldkronach. Kartengrundlage: Geologische Übersichtskarte 1: 200 000 CC 6334, BGR [Hrsg.], 1981.

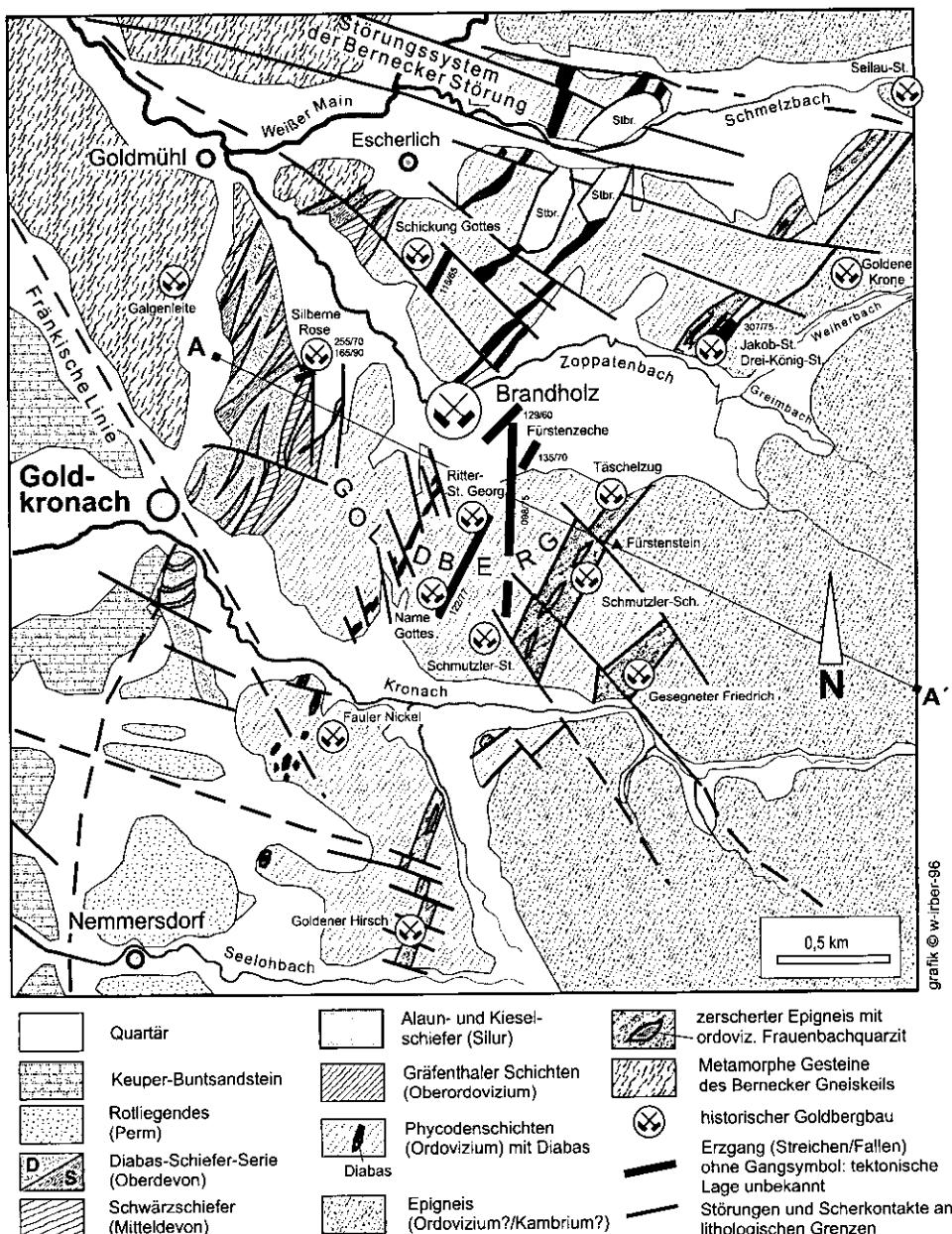


Abb. 2. Geologische Kartenskizze des Erzreviers von Goldkronach-Brandholz. Kartengrundlage: IRBER (1992) und STETTNER (1969).

## 2. Geologischer Überblick

Goldkronach liegt im Saxothuringikum am Westrand der Böhmischen Masse, d. h. an der Grenze zwischen den Gesteinsserien des Frankenwaldes, des Fichtelgebirges, der Münchberger Gneismasse und des Permo-Mesozoiiks (Abb. 1). Durch diese Konstellation ist auf wenigen Quadratkilometern eine Vielzahl unterschiedlicher Gesteine vom Ordovizium bis zum Keuper anzutreffen. Von besonderem tektonischen Interesse sind die hochmetamorphen Gesteine der Münchberger Gneismasse, die bei Goldkronach in einem kleinen, tektonisch isolierten Teilstück vertreten sind, das als „Bernecker Gneiskeil“ Eingang in die Literatur gefunden hat (BRENNICH 1929; SANNEMANN 1960).

Das Golderzrevier von Goldkronach-Brandholz umfaßt eine Vielzahl von Erzgängen, die sich auf eine Fläche von nahezu 8 km<sup>2</sup> verteilen (Abb. 2). Die ergiebigsten Goldvererzungen liegen ca. 1 km östlich von der Stadt Goldkronach im Tal des Zoppatenbachs, noch im Ortsbereich des ehemaligen Bergbauzentrums Brandholz. Im Ort Goldkronach selbst, dem Verwaltungssitz des Goldbergbaus bis ca. 1820, war nie Gold gefördert oder verarbeitet worden.

Alle bekannten Gold- und Antimonvererzungen konzentrieren sich auf die altpaläozoische Schichtenfolge, die daher im Folgenden näher beschrieben wird. Informationen zu einem Bergbauversuch in den 30er Jahren in den Gneisen und Amphiboliten des Bernecker Gneiskeils finden sich im Beitrag über die Galgenleite (IRBER et al., dieser Band).

## 3. Geologischer Aufbau des Erzreviers

Die paläozoische Schichtenfolge bei Goldkronach setzt sich aus dem (i) Alt-paläozoikum des Fichtelgebirges sowie kleineren Anteilen des (ii) Frankenwälder Paläozoikums zusammen (Abb. 2) und wird dem thüringischen Faziestyp zuge-rechnet; die Gesteinsserien umfassen den Zeitraum vom Ordovizium bis in das Oberdevon (vgl. STETTNER 1977; GANDL et al. 1986). Der Metamorphosegrad innerhalb des Erzreviers nimmt von Westen nach Osten zu und reicht von anchimetamorph bis grünschieferfaziell (Quarz-Chlorit-Serizit-Fazies, MIELKE & SCHREYER 1969); zusätzlich ist zwischen dem Frankenwälder Paläozoikum und dem Altpaläozoikum des Fichtelgebirges ein Metamorphosesprung zu erkennen.

Das auffälligste Strukturelement in den zahlreichen Aufschlüssen der fichtelgebirgischen Abfolge ist eine penetrative transversale Schieferung, die mit ca. 60° nach NW einfällt. Der alte sedimentäre Lagenbau ist teilweise noch erhalten (Abb. 21), meist stark verfaltet und fällt flacher als die Schieferung nach NW ein (NW-Rand der Fichtelgebirgsantiklinale). Die folgende lithologische Beschreibung beginnt mit den ältesten Schichtgliedern und geht vom Liegenden ins Hangende bzw. vom Osten in den Westen des Erzreviers.

### Altpaläozoikum des Fichtelgebirges

Das stratigraphisch tiefste bzw. östlichste Schichtglied im Erzrevier sind die Epigneise. Es handelt sich um stark mylonitierte, Quarz-Serizit-Kalifeldspat-führende Gesteine, deren Ableitung von Sedimenten (Arkosen) oder Rhyolithen und

## Profil A - A'

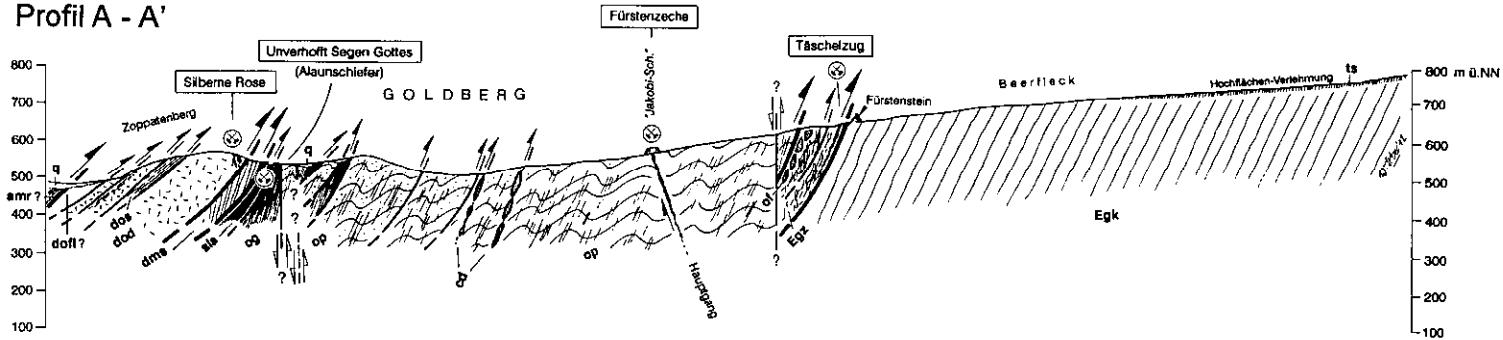


Abb. 3. Geologisches Profil durch das Erzrevier von Goldkronach-Brandholz. Die Pfeile kennzeichnen die letzte feststellbare Bewegungsrichtung. Ehemalige Abschiebungen wurden in umgekehrtem Bewegungssinn reaktiviert. – q: Quartär, ts: Hochflächenverlehmung (Tertiär), dof: Flaserkalk und Cyprinidenschiefer (Oberdevon), dod: Diabas-Schiefer-Wechselseite (Oberdevon), dms: Schwärzschiefer (Mitteldevon), sla: Lydite und Alaunschiefer (unteres Silur), og: Gräfenthaler Schiefer (Oberordovizium), cd: Diabase als diskordante Gänge (Unterkarbon?), op: Phycodenschichten (Unterordovizium), of: Quarzite (Unterordovizium), Egz: zerscherter Epigeneis, Egk: körneliger Epigeneis (Ordovizium?/Kambrium?). Die Lage des Profilschnittes ist Abb. 2 zu entnehmen.

deren Tuffen umstritten ist (STETTNER 1977, 1980, 1990; BLÜMEL 1990; OKRUSCH et al. 1990). In jüngster Zeit wird als Edukt eine Mischung aus Rhyolithen, rhyolitischen Tuffen und intraformationell umgelagerten Arkosen vermutet (EMMERT & STETTNER 1995). Durch ihre stratigraphische Lage zwischen der kambrischen Warmensteinacher Serie und den unterordovizischen Phycodenschichten sind sie altersmäßig in die Wende Kambrium/Ordovizium einzuordnen. Es handelt sich dabei nicht um ein einheitliches Schichtglied, sondern um eine aus unterschiedlichen Lagen zusammengesetzte Schichtenfolge, die einen längeren Bildungszeitraum andeutet. Isotopische Altersdatierungen an Zirkonen ergaben im Widerspruch zur stratigraphischen Einordnung ein oberordovizisches Alter ( $449 \pm 4$  Ma, TEUFEL 1988), das dennoch als Bildungsalter der Rhyolithe gedeutet und in der Literatur bisher nicht weiter diskutiert wird. Anhand der Petrographie, der Geochemie sowie der Form der im Epigneis auftretenden Goldkörnchen (IRBER 1992) erscheint zumindest für die Goldkronacher Epigneise eher die Ableitung aus Arkosen wahrscheinlich, d. h. aus sedimentär umgelagerten Rhyolithen mit geringen Anteilen von zwischengeschalteter, toniger Sedimentation. Eine neuere, geochemische Bearbeitung aller Epigneis-Vorkommen im Fichtelgebirge unter Berücksichtigung verschiedener Altersdatierungen und Isotopendaten findet sich bei SIEBEL et al. (1997).

Den Epigneisen folgen im Hangenden östlich der Bernecker Störung ca. 200 m mächtige, fein- bis mittelkörnige Quarzite der Frauenbachschichten (Unterordovizium). Ähnliche Quarzite treten in vergleichbarer stratigraphischer Position auch bei Goldkronach auf. Sie sind dort in ihrer Schichtmächtigkeit auf wenige Meter reduziert und in ihrer Zuordnung zu den Frauenbachschichten stark umstritten und könnten auch den Phycodenschichten (s. u.) zuzuordnen sein (STETTNER, pers. Mittg.). Tektonisch zerrissen, von Quarzmobilisaten durchsetzt und rotiert kennzeichnen die einzelnen Quarzitschollen die Grenze Epigneis-Phycodenschichten, die als Scherzone im Gelände anhand der s-Flächen-konkordanten bis -diskordanten Verquarzung und starken Pyritisierung gut zu verfolgen ist (z. B. Felsfreistellung am Schmutzler-Stollen). Mehrere goldarme Vererzungen liegen in dieser Zone, beispielsweise die „Schmutzler-Schächte“ und der Bergbau „Goldene Krone“. Im mikroskopischen Bild sind die stark ausgewalzten Quarzkörper mit suturierten Korngrenzen und undulösem Auslöschen auffälliges Merkmal. Es steht in deutlichem Gegensatz zum polygonalen Pflastergefüge der Frauenbachquarzite östlich der Bernecker Störung (vgl. STETTNER 1977).

Das mächtigste Schichtpaket des Goldkronacher Erzreviers bilden die phyllitischen bis tonschiefrigen und teils quarzitischen Phycodenschichten des Ordoviziums. Sie sind zugleich das Nebengestein der goldreichsten Erzgänge, z. B. in der „Fürstenzeche“ von Brandholz. Die Phycodenschichten werden durch ihr feinlaminares, gradiertes Gefüge als Wattsediment interpretiert (RICHTER & STETTNER 1993). Selten finden sich bei Goldkronach neben nicht näher identifizierten Wurmgrabspuren auch die büschelförmigen, namengebenden Phycoden. Im mittleren Bereich ihrer Ausstrichbreite werden die Phycodenschichten annähernd parallel zur Hauptschieferungsfläche von Diabasen durchzogen, die geochemisch kalk-alkalischen Intraplattenbasalten entsprechen (JOULEH 1989). Im Kontakt zum Nebengestein sind die Diabasgänge randlich verschiefert, während das Nebengestein selbst unregelmäßig bis zu mehrere Meter weit kontaktmetamorph überprägt sein kann (Fleck- und Knötchenschiefer). Mächtigere Diabaskörper zeigen durch

ein grobkristallines Gefüge mit trachytischem Mineralbestand sowie leukokraten Gängchen eine langsame Abkühlung mit in-situ-Differentiation an. Alle Beobachtungen (vgl. auch IRBER 1992) sprechen entweder für subvulkanische Lagergänge eines ordovizischen Magmatismus (STETTNER 1977) oder für sf-parallele, intrusive Basaltgänge eines frühvariszischen Magmatismus (vgl. VOIGT 1963). Als Intrusionszeitraum käme nach gefügekundlichen und mineralogischen Beziehungen das Ordovizium bis Oberdevon in Frage, d. h. noch vor dem thermischen Höhepunkt der variszischen Orogenese.

Den Abschluß der fichtelgebirgischen Schichtenfolge bilden oberordovizische, schwarzgraue Gräfenthaler Schichten, die am NW-Rand des Fichtelgebirges in ihrer Mächtigkeit im tektonischen Kontakt mit dem hangenden Frankenwälder Paläozoikum reduziert sind (STETTNER 1977).

### Frankenwälder Paläozoikum

Im Hangenden der Gräfenthaler Schichten (westliches Erzrevier) folgt eine Schieferserie, die sich aus reinen Schwarzschiefern oder schwarzschieferähnlichen Schichten zusammensetzt. Eine detaillierte Beschreibung dieser Gesteinsserien nordöstlich der Bernecker Störung wurde von GANDL et al. (1986) veröffentlicht. Es handelt sich um silurische, pyritreiche Alaun- und Kieselschiefer sowie verschiedene unter- bis mitteldevonische Schieferserien. Die Vererzungen in bzw. nahe diesem Bereich sind durch Antimonit als dem Hauptulfidmineral gekennzeichnet (z. B. „Silberne Rose“, „Schickung Gottes“). Auf die graptolithenreichen, untersilurischen Alaunschiefer ging in der Grube „Unverhofft Segen Gottes“ bis Ende des 18. Jahrhunderts ein intensiver ober- und untertägiger Alaunbergbau um, von dem heute noch zahlreiche kleine Halden zeugen.

Die Schwarzschieferserie wird von mächtigen Basaltlagen eines submarinen, oberdevonischen Vulkanismus überlagert (Diabase). Die Diabase, z. T. als Variolithe und Mandelsteine mit Pillowstrukturen, wechsellagern mit bunten Schiefern und werden im Hangenden von relikтив erhaltenen, oberdevonischen Flaserkalken abgeschlossen. Selten finden sich zusätzlich als Lesesteine Roteisensteinvererzungen vom Lahn-Dill-Typ. Am Kontakt zu den Schwarzschieferserien im Liegenden bilden stark alterierte, gebleichte Diabase mit durchschwärzenden Karbonatgängen das Nebengestein der Antimonitvererzung an der „Silbernen Rose“.

### Störungen

Wesentliches Strukturelement im Stadtgebiet von Goldkronach ist die NW–SE streichende Fränkische Linie (GAWLIK 1955; SCHRÖDER 1958). Sie trennt das Saxothuringikum der böhmischen Masse im Osten vom Mesozoikum des fränkischen Schichtstufenlandes im Westen und fällt mäßig steil in östliche Richtung ein (vgl. DUYSER et al. 1995). Bei Goldkronach schwenkt sie in die N–S-Richtung um und geht von einer Aufschiebung in eine Flexur über. Bei den Autobahnarbeiten an der A9 ließ sich die Fränkische Linie im Sommer 1996 kurzfristig als Aufschiebung von stark zerschertem Amphibolit auf Keuper (Burgsandstein) mit ca. 45° östlichem Einfallen direkt beobachten. Insgesamt wird ein Verwerfungsbetrag von 1000 m bis 2000 m vermutet (WURM 1961), während morphologisch ein Geländesprung von ca. 200 m sichtbar ist. Schon GOLLER (1935) beschreibt, daß die Fränkische Linie nicht als eine Großverwerfung, sondern als ein komplexes Störungsbündel anzusehen ist,

das Mesozoikum wie Paläozoikum gleichermaßen mit einer Vielzahl von Störungen durchzieht. Südlich von Goldkronach tritt die Fränkische Linie als Weidenberger Verwerfung in das mesozoische Vorland ein (EMMERT 1986).

Die zweite wichtige Störung im Erzrevier ist die Bernecker Störung nordöstlich von Goldkronach, die das westliche Fichtelgebirge (= Steinachgewölbe nach STETTNER 1977) vom östlichen Fichtelgebirge mit seinen darin intrudierten, variszischen Graniten abtrennt (Abb. 1). Die Bernecker Störung ist wie die Fränkische Linie als Aufschiebung angelegt und mit ca. 60° östlichem Einfallen im Diabassteinbruch Schicker bei Bad Berneck großflächig aufgeschlossen. Ein genetischer Zusammenhang mit der Fränkischen Linie ist wahrscheinlich, nicht zuletzt da beide Störungen das Erzrevier von Goldkronach–Brandholz einrahmen und eine tektonogenetische Verbindung mit der Goldvererzung vermuten lassen.

Zusätzlich zu den oben genannten, großen Verwerfungen durchziehen zahlreiche steilstehende Störungen mit unterschiedlichem Bewegungssinn fächerartig das gesamte Erzrevier. Sie laufen parallel der Fränkischen Linie bzw. der Bernecker Störung und sind diesen beiden Hauptstörungen zuzuordnen. Am auffälligsten kommen die Versätze in den verworfenen Diabaszügen der Phycodenschichten zum Ausdruck. Das gesamte Entwässerungssystem folgt dieser tektonischen Vorzeichnung.

Ein Störungssystem, das durch den Bergbau aufgeschlossen wurde (Abb. 16) und vor allem den Hauptgang der Fürstenzeche verworfen hat (BUSCHENDORF 1931), läßt sich schieferungsparallelen bis subparallelen Abschiebungen einer Extensionstektonik zuordnen (vgl. STEIN 1988). Im Diabassteinbruch Küfner bei Escherlich sind diese Störungen häufig in den Phycodenschichten zu beobachten, deren Störungsletten wasserstauend wirken (Verwerfungsquellen).

Eine Lineamentauswertung auf der Basis von Luftbildern läßt keinen Zusammenhang zwischen dem Streichen der Lineamente bzw. der tektonischen Strukturen und dem Streichen der Vererzungen herstellen. Die Erzgänge liegen meist im Streichen der lithologischen Grenzen, so daß die heute dominierende tektonische Prägung mit zahlreichen vertikalen Verwerfungen parallel der Fränkischen Linie und der Bernecker Störung jünger als die Vererzungen zu sein scheint (tertiäre Blocktektonik?).

#### 4. Bachsedimentuntersuchungen

Auf einer Fläche von rund 50 km<sup>2</sup> wurden die wichtigsten Flüsse und Bäche beprobt (Abb. 4), um über die Anzahl und Form der gefundenen Goldkörner sowie die begleitenden Schwerminerale genauere Hinweise auf die regionale Verteilung sowie die Art der Goldvererzungen zu bekommen (zur Methodik siehe LEHRBERGER, dieser Band).

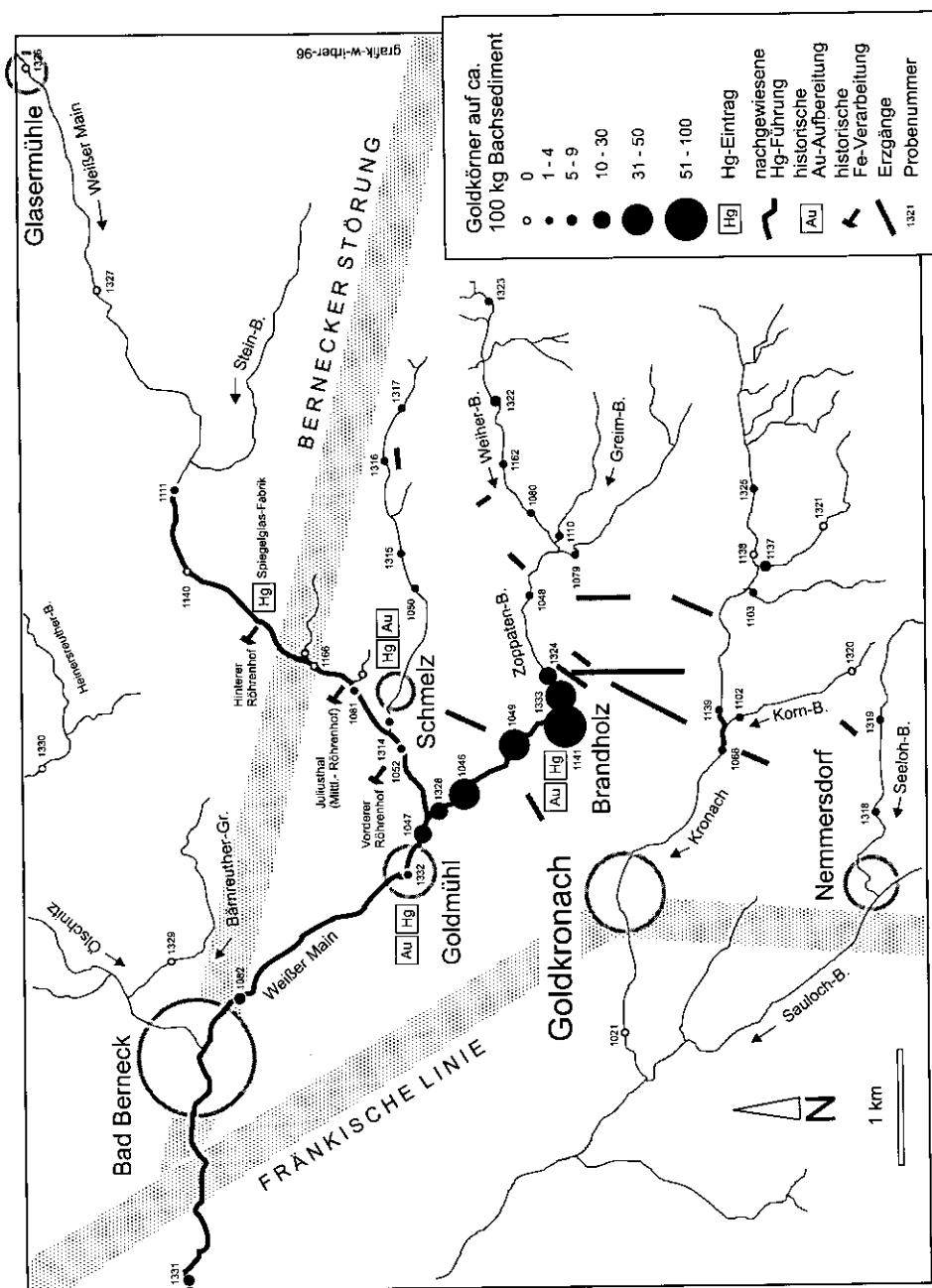
Gold ist in einem Großteil der beprobten Bäche und Flüsse nachzuweisen, wobei die Goldführung einen eindeutigen Zusammenhang mit den bereits bekannten Vererzungen zeigt. Die höchsten Gehalte liegen noch im Ortsbereich von Brandholz vor, stromabwärts der goldreichen Erzgänge in der „Fürstenzeche“. Überraschenderweise läßt sich eine relativ konstante Goldführung über die bekannten Vererzungen hinaus bis weit nach Osten in den Epigneis verfolgen. Die

kantige Form der Goldkörnchen, teils mit Kristallflächen, deutet auf unmittelbar anstehende, bisher unbekannte Goldmineralisationen, die dort den Epignis durchziehen (Abb. 5, Abb. 6). Die regionale Begrenzung des Goldkronach-Brandholzer Goldvorkommens auf das Gebiet zwischen der Fränkischen Linie und der Bernecker Störung wird in der abrupt aufhörenden Goldführung im Weißen Main oberhalb der letzten Zuflüsse (Schmelzbach) aus dem Erzrevier deutlich. Im weiteren Einzugsgebiet des Weißen Mains, der das westliche Fichtelgebirge entwässert, ist daher keine weitere an der Oberfläche anstehende Goldvererzung zu erwarten. In Übereinstimmung mit diesen Untersuchungen hatte ebenfalls RICHTER (1986) für das Gebiet zwischen der Fränkischen Linie und der Bernecker Störung eine geringfügige Goldanomalie in den Gesteinen nachgewiesen.

Sulfide, hauptsächlich Pyrit, sind in fast allen Bachsedimentproben nachweisbar. Arsenopyrit, Pyrit, Chalkopyrit und Galenit treten deutlich gehäuft im Ortsbereich von Brandholz bis zur Einmündung des Zoppatenbachs in den Weißen Main auf. Gehäuft findet sich Chalkopyrit im Weißen Main bei Juliusthal; die genaue Ursache dafür ist bisher unbekannt. Das Vorkommen der verwitterungsanfälligen Sulfide bestätigt die hohen Erosionsraten in diesem Teil des Fichtelgebirges.

Scheelit ist im Zoppatenbach stromabwärts der Brandholzer Gänge in Form kleiner gelblich-weißer Körnchen (bis 1 mm) zu finden; die genaue Quelle dazu ist unbekannt. In der Hauptvererzung selbst wurde bisher nur Wolframit beschrieben (BUSCHENDORF 1931; PASCHER 1985), auch konnten keine Eigenfunde von Scheelit an dem vorhandenen Gangerzmaterial gemacht werden. Aufgrund der teils starken Calcitführung in den Gängen ist das Auftreten von Scheelit neben Wolframit wahrscheinlich, scheint sich aber auf wenige Bereiche in den Erzgängen zu beschränken. Möglich wäre z. B. das Vorkommen von Scheelit in unmittelbarer Nähe zu den Diabasen, die bei Alteration der Plagioklase Ca freigeben. Von JUNG & HÖLL (1982) wurde z. B. Scheelit im alterierten Diabas an der „Silbernen Rose“ beschrieben, der westlichsten Vererzung im Erzrevier. Dieses Vorkommen liegt im Einzugsgebiet des Zoppatenbachs, aber zu weit stromabwärts, als daß es für den im Ortsbereich von Brandholz gefundenen Scheelit als Quelle in Frage kommen könnte.

Schmelzkügelchen sind ein häufiger anthropogener Gemengteil in den Schwermineralkonzentraten (Abb. 9, Abb. 10). Sie entstehen als Abkühlungsprodukte von Funken bei der Eisenverarbeitung (LEHRBERGER et al. 1988). Die höchsten Gehalte treten im Weißen Main stromabwärts ab dem Hinteren Röhrenhof auf und sind auf die dort historisch belegte Eisenverarbeitung in Hammerwerken zurückzuführen (SINGER 1961). Nach Untersuchungen am REM bestehen sie aus reinem Fe bis hin zu komplexen Fe-Al-Si-Verbindungen (z. B. Fe: 50 Gew.-%, Al: 30 Gew.-%, Si: 20 Gew.-%). Erhöhte Gehalte an Schmelzkügelchen finden sich ebenfalls in Verbindung mit den Lokalitäten der historischen Goldaufbereitung. Bei Brandholz konnte zudem ein goldenes Schmelz(?) -Kügelchen von 0,15 mm Durchmesser gefunden werden (Abb. 8). Ähnliche Goldkügelchen werden auch aus dem Rhein bei Kehl beschrieben und den dortigen Schmelzversuchen zugerechnet (MOSSMAN & LEYPOHL 1995). Als weiteres Relikt der Goldaufbereitung finden sich ferner große Mengen von feinen Schlackenkörnern im Weißen Main bei Goldmühl.



Quecksilber ist in den Schwermineralkonzentraten aus Sedimenten häufig nachzuweisen, geologische Quellen sind jedoch im Untersuchungsgebiet nicht bekannt. Dagegen wurde Quecksilber im Raum Goldkronach neben der Versiegelung von Glas seit Jahrhunderten zur Goldaufbereitung benutzt. Für den Goldkronach-Brandholzer Bergbau ist die Verwendung in der Amalgamation ab 1482 bis zum Ende der Goldgewinnung 1925 historisch belegt (LUDWIG & GRUBER 1987; PASCHER 1985). Bei Goldmühl soll der mit Quecksilber verunreinigte Schlich routinemäßig in den Weißen Main „entsorgt“ worden sein (GÖTZ 1936). Als Folge der Goldaufbereitung ist in zahlreichen Bächen und Flüssen des Erzreviers und besonders im Zoppatenbach elementares Quecksilber in Form kleinsten Tröpfchen (< 0,1 mm) und als Amalgamflecken bzw. als Amalgamkristalle auf Goldkörnern zu finden (Abb. 7). Die Zusammenhänge zwischen dem Vorkommen von Quecksilber und den historisch belegten Goldaufbereitungsstätten sind eindeutig. Ähnliche Amalgamkristalle wie im Zoppatenbach werden auch auf Seifengold in Idaho/USA von DESBOROUGH & FOORD (1992) beschrieben und bestehen dort im Durchschnitt aus Quecksilber (10–20 Gew.-%) und Gold. Eigene Untersuchungen mit dem REM an Kristallen aus dem Zoppatenbach ergeben einen in der Größenordnung ähnlichen Hg-Gehalt von ca. 20–30 Gew.-%.

Unabhängig von der Goldaufbereitung lassen sich die höchsten Hg-Gehalte aller Proben am Hinteren Röhrenhof im Weißen Main nachweisen und sind dort einer historischen Spiegelglasfabrik zuzuordnen (pers. Mitteilung, F. WOLFSHÖFER, Juliusthal). Die von dieser Stelle noch weiter flussaufwärts zu verfolgende, sehr geringe Quecksilberführung kann bisher nicht geklärt werden.

Bemerkenswert an den Bachsedimentuntersuchungen ist die Tatsache, daß sich die Bezüge Schmelzkügelchen  $\Rightarrow$  Eisenverarbeitung und Quecksilber  $\Rightarrow$  Goldverarbeitung bzw. Spiegelglasfabrik noch eindeutig herstellen lassen, obwohl in den meisten Fällen rund 100 Jahre mit alljährlichem Frühjahrshochwasser und Sedimenttransport vergangen sind. Durch die Fließkraft des Wassers ist es bisher zu keiner erkennbaren Verdünnung der historischen Umweltverschmutzung gekommen.

Ein Vergleich der Ergebnisse mit den seit kurzem zugänglichen Explorationsergebnissen der PREUSSAG AG (Archiv der TU München, Lehrstuhl für Angewandte Mineralogie und Geochemie) zeigt in allen Fällen eine Übereinstimmung der relativen Trends aus der optischen Bernusterung mit den Trends der chemischen Analysen in den Sedimentkonzentraten auf Au, Zn, Pb, Cu, Wo, Sb, Fe. Nur bei geringen Goldgehalten wie z. B. in den Bächen im Verbreitungsgebiet des Epigneises konnte mit der chemischen Analytik kein Gold mehr nachgewiesen werden. Deutlich sind dagegen die pyritisierten Scherzonen an der Grenze Epigneis-Phycodenschichten durch erhöhte Fe- und As-Gehalte im Bachsediment erkennbar.

Insgesamt unterstreichen die Ergebnisse aus der Bachsedimentprospektion die Beschränkung der goldführenden Gesteinsserien auf den Abschnitt zwischen der Fränkischen Linie und der Bernecker Störung (vgl. auch RICHTER 1986). Da sich ähnliche lithologische Verhältnisse auch im weiteren, jedoch nahezu goldfreien Fichtelgebirge finden, müssen bei Goldkronach lokale, sekundäre Ereignisse für die regionale Goldanomalie verantwortlich sein (vgl. Kap. 10).

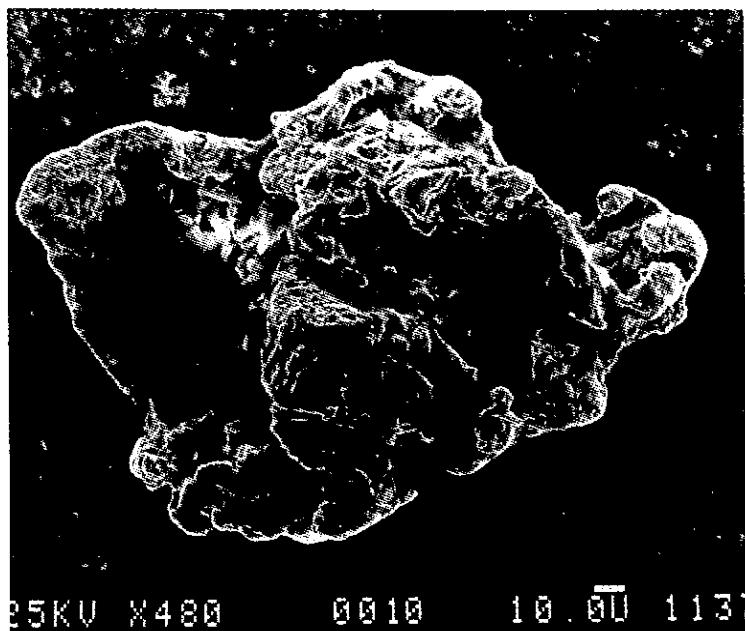


Abb. 5. Kantengerundetes, filigranes Goldkorn aus dem Weiherbach (= Oberlauf des Zoppatenbachs) mit Oberflächenstrukturen, die auf ein Wachstum in Verbindung mit Sulfiden hindeuten (REM-Aufnahme, Objektgröße = 0,26 mm, Probe 1080).

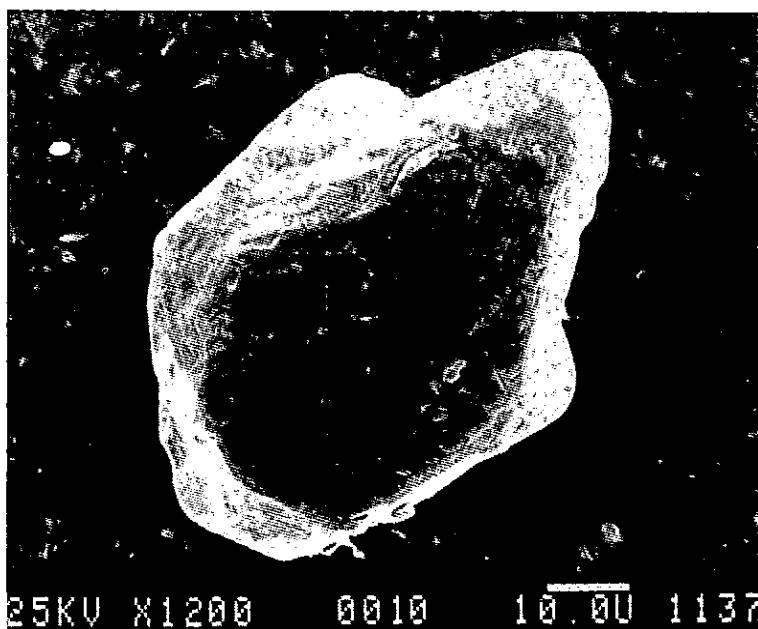


Abb. 6. Goldkorn mit Kristallflächen aus dem Greimbach, einem Zufluß des Weiherbachs (REM-Aufnahme, Objektgröße = 0,07 mm, Probe 1110).

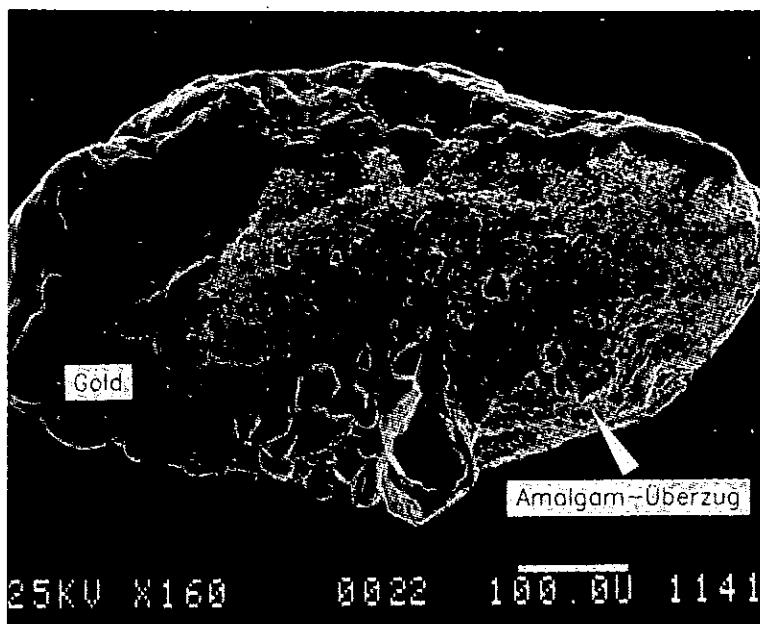


Abb. 7. Gerundetes und stark geplättetes Goldkorn aus dem Zoppatenbach in Brandholz. Ein Teil des Goldkorns ist von Amalgamkristallen überwachsen (REM-Aufnahme, Objektgröße = 0,67 mm, Probe 1141).

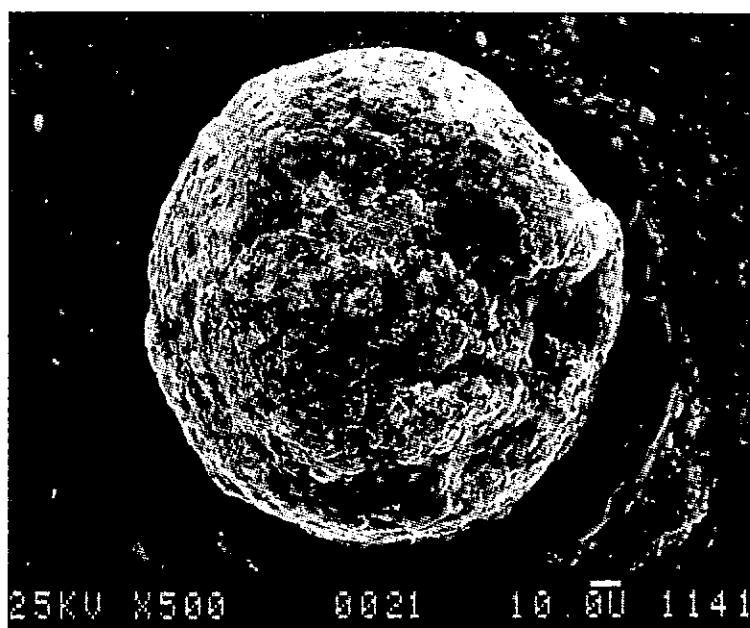


Abb. 8. Kugelrundes Goldkörnchen aus dem Zoppatenbach in Brandholz, das seine Entstehung wahrscheinlich den dortigen, historischen Goldschmelzversuchen verdankt (REM-Aufnahme, Objektgröße = 0,15 mm, Probe 1141).

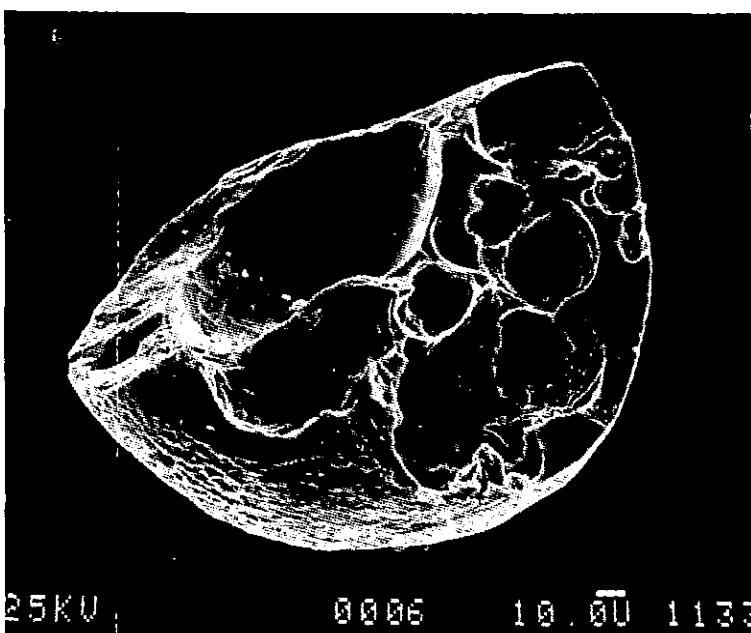


Abb. 9. Aufgeplatztes Schmelzkügelchen aus dem Weißen Main mit blasigen Entgasungshohlräumen (REM-Aufnahme, Objektgröße = 0,18 mm, Probe 1052).

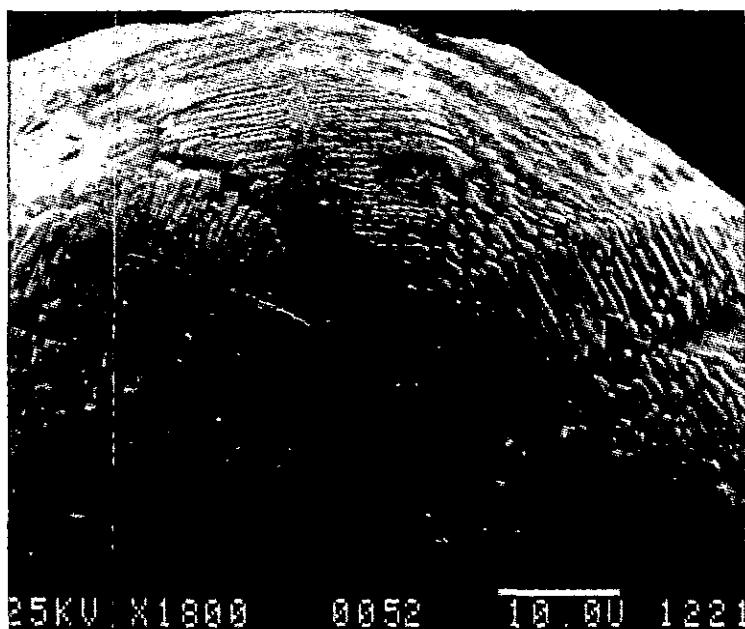


Abb. 10. Oberfläche eines Schmelzkügelchens aus dem Schmelzbach. Die filigrane Oberflächenstruktur (Skelettwachstum) ist ein Hinweis auf die schnelle Abkühlung nach der Bildung der Schmelztropfen (REM-Aufnahme, Bildbreite = 0,06 mm, Probe 1314).

## 5. Gliederung des Erzreviers

Im Goldkronacher Erzrevier sind rund ein Dutzend, meist nur wenige cm- bis dm-mächtige Erzgänge bekannt. Zusammen betrachtet ergeben sie ein kompliziertes Bild, da sich die Erzgänge in ihrem Nebengestein, der tektonischen Lage, den Mineralparagenesen und den Goldgehalten unterscheiden. Das heute allgemein benutzte Gliederungsschema geht auf TRÖGER (1924) zurück und verwendet zur Einordnung das jeweils charakteristische Sulfidmineral in den Erzgängen.

Im Osten finden sich im Bereich der Epigeneise die mineralogisch monotonen, schwach goldhaltigen, stark pyritisierten Zonen und Pyrit-Quarzgänge (z. B. im Bereich der „Schmutzler-Schächte“; z. T. hämatitisiert wie an der „Golden Krone“). Selten konnte indirekt Chalkopyrit durch die Verwitterungsprodukte Malachit und Azurit nachgewiesen werden. Die Gänge sind meist subparallel zum Hauptschieferungsgefüge angeordnet.

Im mittleren Erzrevier mit den Phycodenschichten und Diabasen liegen die mineralogisch vielfältigsten und goldreichsten Erzgänge (z. B. Hauptgang, Weißer Kiesgang). Typisch ist hier die Verwachsung von Freigold mit Arsenopyrit (Abb. 11, Abb. 12), die in zahlreichen Golderzvorkommen zu finden ist und von MÖLLER (1995) auf die elektrochemische Fällung des Goldes an Arsenopyrit zurückgeführt wird. Die Gänge streichen NE–SW bis N–S und fallen mit ca. 70° nach E ein.

Im Westen des Erzreviers dominieren im Bereich der Schwarzschiefer die Antimon-führenden Gänge (z. B. „Silberne Rose“). Diese auffällige Assoziation wird in ähnlicher Form weltweit beschrieben (LEHRBERGER 1992) und ist ebenfalls in den Schiefergürteln der Böhmisches Masse häufiger anzutreffen (DILL 1980, 1985, 1988). Diese Gänge besitzen unterschiedliche Streich- und Fallrichtungen und lassen sich keinem einheitlichen Schema zuordnen.

## 6. Mineralogie und Bildungstemperatur der Erzgänge

Die Mineralogie der zahlreichen Erzgänge ist bei BUSCHENDORF (1931) und PASCHER (1985) bzw. PASCHER & SPERLING (1990) detailliert aufgeführt. Daher wird hier auf eine weitere Beschreibung verzichtet.

Insgesamt lässt das bunte Mineralspektrum in den Gängen der Phycoden-schichten mit regional unterschiedlichen Schwerpunkten (s. o.) aus Arsenopyrit, Antimonit, Pyrit, Pb- und Sb-Sulfosalzen, Fahlerzen, Sphalerit, Galenit, Chalkopyrit, Quarz und verschiedenen Karbonaten, eine mittel- bis niedrigthermale Fluidtemperatur vermuten. Im Vergleich mit ähnlichen Lagerstätten (TEAGLE et al. 1990; PETERS et al. 1990; FOSTER et al. 1990; BABIC 1981; NESBITT 1989; LEHRBERGER 1992; GUILLEMETTE & WILLIAMSJONES 1993; CHANGKAKOTI et al. 1996) dürfte die Bildungstemperatur bei ca. 200–300 °C gelegen haben.

Versuche, an verschiedenen Gangquarzen die Homogenisierungstemperaturen der Flüssigkeitseinschlüsse systematisch zu untersuchen, scheiterten an der geringen Einschlusgröße und der Vielzahl sekundärer Einschlüsse. Die wenigen glücklichen Messungen ergaben wie erwartet Homogenisierungstemperaturen zwischen 250 und 300 °C (B. PFLUGBEIL, pers. Mittl., GFZ 1994).

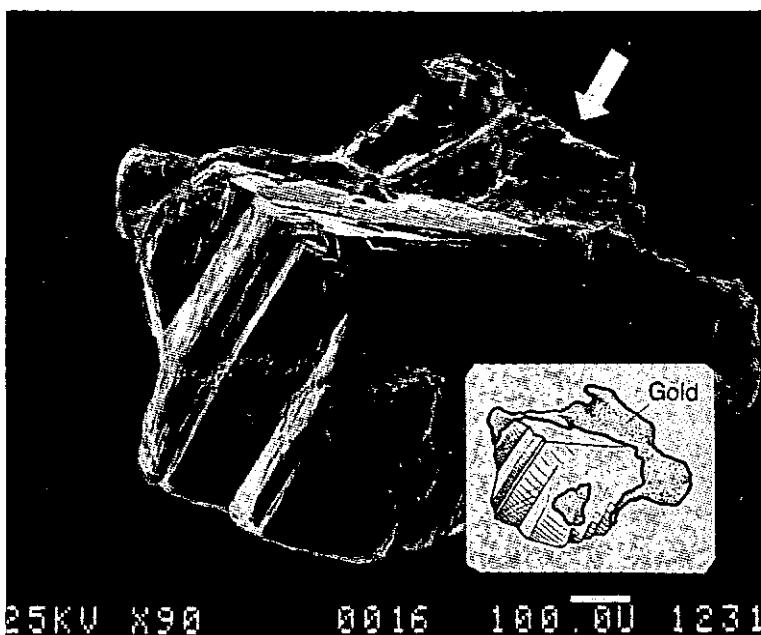


Abb. 11. Idiomorpher Arsenopyrit-Kristall mit Wachstumsstreifung und aufgewachsenem Gold (s. Pfeil) von der Fürstenzeche, Ludwig-Wittmann-Schacht (REM-Aufnahme, Objektgröße = 1,2 mm, Probe 1231).

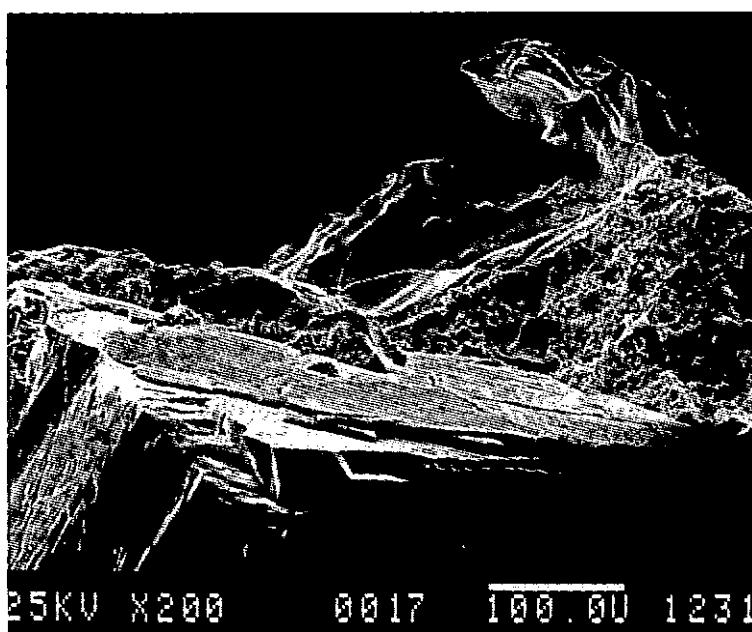


Abb. 12. Arsenopyrit-Kristall mit aufgewachsenem Gold (Ausschnitt von Abb. 11; REM-Aufnahme, Bildbreite = 0,65 mm).

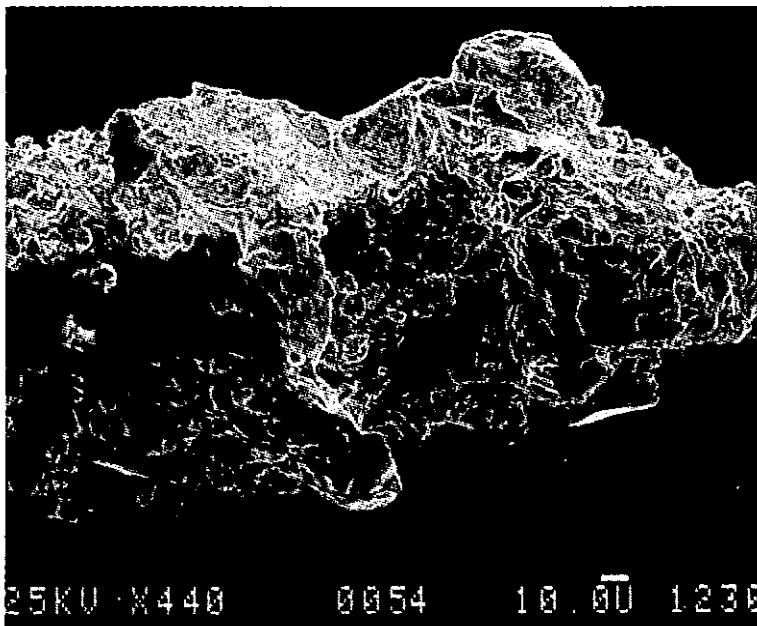


Abb. 13. Drahtiges Goldkorn mit feinstrukturierter, eckig-kantiger Oberfläche von der Fürstenzeche, Ludwig-Wittmann-Schacht (REM-Aufnahme, Objektgröße = 0,60 mm, Probe 1230).

## 7. Die Goldführung in den Erzgängen

Die zahlreichen Erzgänge schwanken in ihren Goldgehalten von meist <2 bis zu sehr seltenen 100 g/t. Je nach Paragenese ist das Gold hauptsächlich als Freigold auf Arsenopyrit und/oder als verdecktes Gold in Sulfiden (z. B. Pyrit) zu finden. Die meisten der in historischer Zeit abgebauten Erzgänge sind mit durchschnittlichen Gehalten deutlich unter 2 g/t sehr goldarm (BUSCHENDORF 1931) und ermöglichen mit Ausnahme der goldreichsten Gänge in der „Fürstenzeche“ in Brandholz (ca. Ø 4 g/t Au) einen nur sporadischen und glücklosen Bergbau.

Die Antimonit-reichen Vererzungen (Abb. 14) besitzen nur in Verbindung mit wenigen Arsenopyrit-reichereren Zonen erhöhte Goldgehalte (BUSCHENDORF 1931). Separierte Freigoldkörnchen aus gebrochenem Gangerzmaterial erreichen maximal 0,1 mm Durchmesser.

Die reichsten Goldgehalte mit stellenweise bis zu 100 g/t (BUSCHENDORF 1931) konzentrieren sich auf die Arsenopyrit-reichen Gänge der „Fürstenzeche“ in Brandholz (Abb. 16). Das Gold tritt dort innerhalb der bunten Sulfid- und Sulfosalzvererzung als Freigold kleiner 2 mm auf und sitzt meist auf Rissen im Arsenopyrit (Abb. 17). Seltener kommt es in Verwachsung mit Pyrit, Antimonit und den zahlreichen Sb-Sulfosalzen wie Jamesonit und Bournonit vor. Der Silbergehalt des Goldes ist relativ hoch und erreicht bis zu 20 Gew.-%, was den charakteristischen, blaßgelben Farbton des Goldkronacher Goldes bedingt.

In den pyritreichen Vererzungen (Abb. 22) der Scherzone zwischen dem Epigneis und den Phycodenschichten im östlichen Erzrevier ist die genaue Art der Goldführung unklar. Wahrscheinlich ist das gemeinsame Vorkommen von (i) Freigold mit (ii) submikroskopisch im Quarz bzw. (iii) im arsenhaltigen Pyrit gebundenes Gold. Ein analysiertes Pyritkonzentrat vom Epigneis des Fürstensteins am Hinteren Goldberg enthielt ca. 100 ppb Au. Freigold mit maximal 0,1 mm Durchmesser ist in gebrochenem Gangerzmaterial wie auch im Erzanschliff auf Korrasionsspalten im Pyrit (Abb. 15) nachzuweisen. Die Ag-Anteile im Gold schwanken nach den EDX-Analysen von 0 bis 30 Gew.-%. Die meisten Goldkörnchen finden sich in der Pyrit-Vererzung an der „Goldenen Krone“, die durch zirkulierende Fluide im Bereich der Bernecker Störung vollständig hämatitisiert wurde. Letzteres deutet einen jüngsten Mobilisierungs- und Ausfällungsprozeß für das wahrscheinlich vorher im Pyrit gebundene Gold an.

## 8. Das Gold in den Nebengesteinen

Die Frage nach dem Ursprung des Goldes in den Erzgängen war lange Zeit durch die Ableitung der mineralisierenden Lösungen von den Fichtelgebirgsgraniten kein Gegenstand weiterer Untersuchungen (BUSCHENDORF 1931; SCHNEIDERHÖHN 1962). Als wichtigste Argumente für die granitogene Ableitung sah

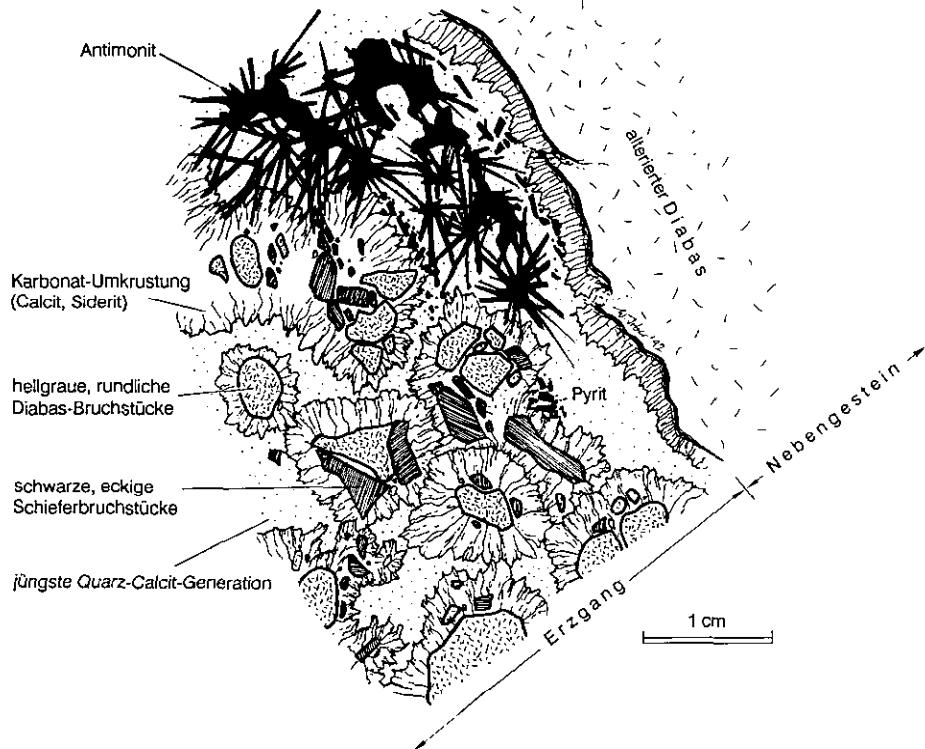


Abb. 14. Brekziöses Interngefüge eines Antimonit-Karbonat-Quarz-Ganges im alterierten Diabas von der Silbernen Rose (Zeichnung nach dem Dünnschliff).

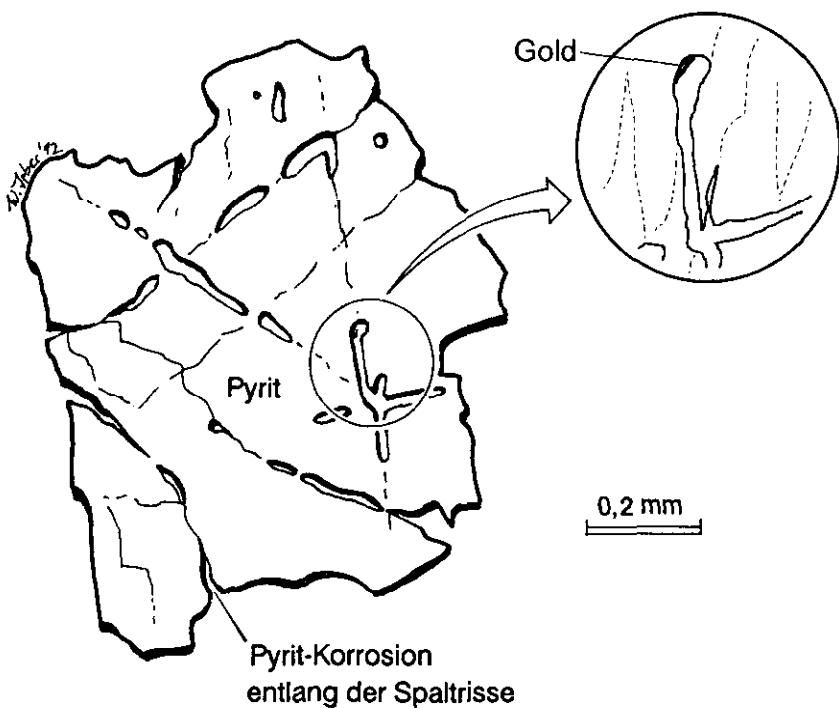


Abb. 15. Freigold in einer Korrosionsspalte eines Pyritkristalls aus dem Epigneis am Fürstenstein (Zeichnung nach dem Erzanschliff).

BUSCHENDORF (1931) das Auftreten von Wolframit und Sn-haltigen Fahlerzen in den Erzgängen von Brandholz. Mit den geänderten Ansichten in der Lagerstättenkunde und dem Gedanken der Metallmobilisierung aus dem Nebengestein durch hydrothermale Laugung mußte jedoch für Goldkronach die Frage nach dem Ursprung des Goldes neu gestellt werden (STETTNER 1980; DILL 1985).

Um in diesem Zusammenhang die klastischen, meta-sedimentären Gesteinsserien Goldkronachs auf ihre möglicherweise synsedimentäre Goldführung zu untersuchen, wurde eine spezielle Methode entwickelt (IRBER 1992), die es ermöglicht, neben der Anzahl der Goldkörner auch über deren Kornform zusätzliche Hinweise zu erhalten. Ergänzend wurden dazu von einigen Proben chemische Goldanalysen in Auftrag gegeben.

In allen untersuchten Proben des Epigneises und des hangenden Quarzits sowie in den psammitisch betonten Zonen der Phycodenschichten läßt sich silberarmes Freigold ( $\text{Ag} < 2 \text{ Gew.-\%}$ ) mit Korngrößen um 0,05 mm nachweisen (Abb. 18, Abb. 19, Abb. 20). Eine Hochrechnung der gefundenen Goldkörnchen auf den Goldgehalt des Gesteins ergibt Goldgehalte von < 10 ppb, die in der Größenordnung mit den Untersuchungen von RICHTER (1986) übereinstimmen. In den metapelitischen Zonen der Phycodenschichten, den Gräfenthaler Schichten und den devonischen Schieferserien wurde kein Freigold entdeckt. Dafür zeichnen sich die metapelitischen Zonen in den Phycodenschichten durch feine Sulfidschnüre (< 0,05 mm) auf den Schieferungsflächen aus und lassen eine Metallmobilisierung

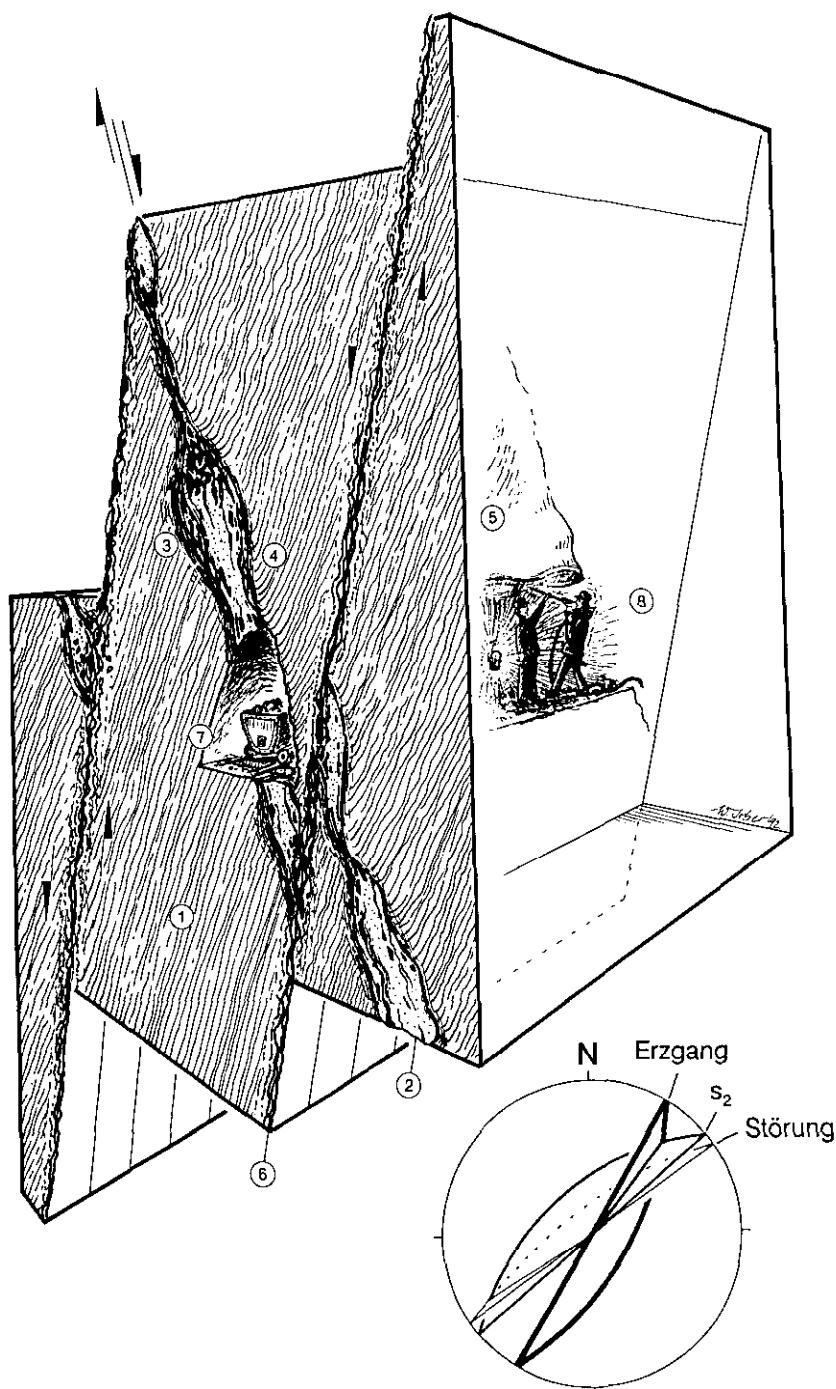


Abb. 16. Vereinfachte Blockbildzeichnung eines boudinierten Goldquarzganges in den Phycodenschichten nach den Beschreibungen von BUSCHENDORF (1931), Blickrichtung nach Norden. — 1: Hauptschieferungsgefüge ( $s_2$ ) der Phycodenschichten, 2: boudinierter Erzgang, z. T. als Brekzie mit zahlreichen Nebengesteinseinschlüssen (schwarz gezeichnet), 3: intensive Zerscherung der Phycodenschichten besonders im Liegenden des Erzganges, 4: Hakenschlagen der Schiefer im Hangenden des Erzganges, 5: Harnische, 6: Störung, 7: auf den Erzgang getriebener Stollen mit Grubenhunt, 8: Bergleute beim Bohren der Sprenglöcher für den Erzabbau.

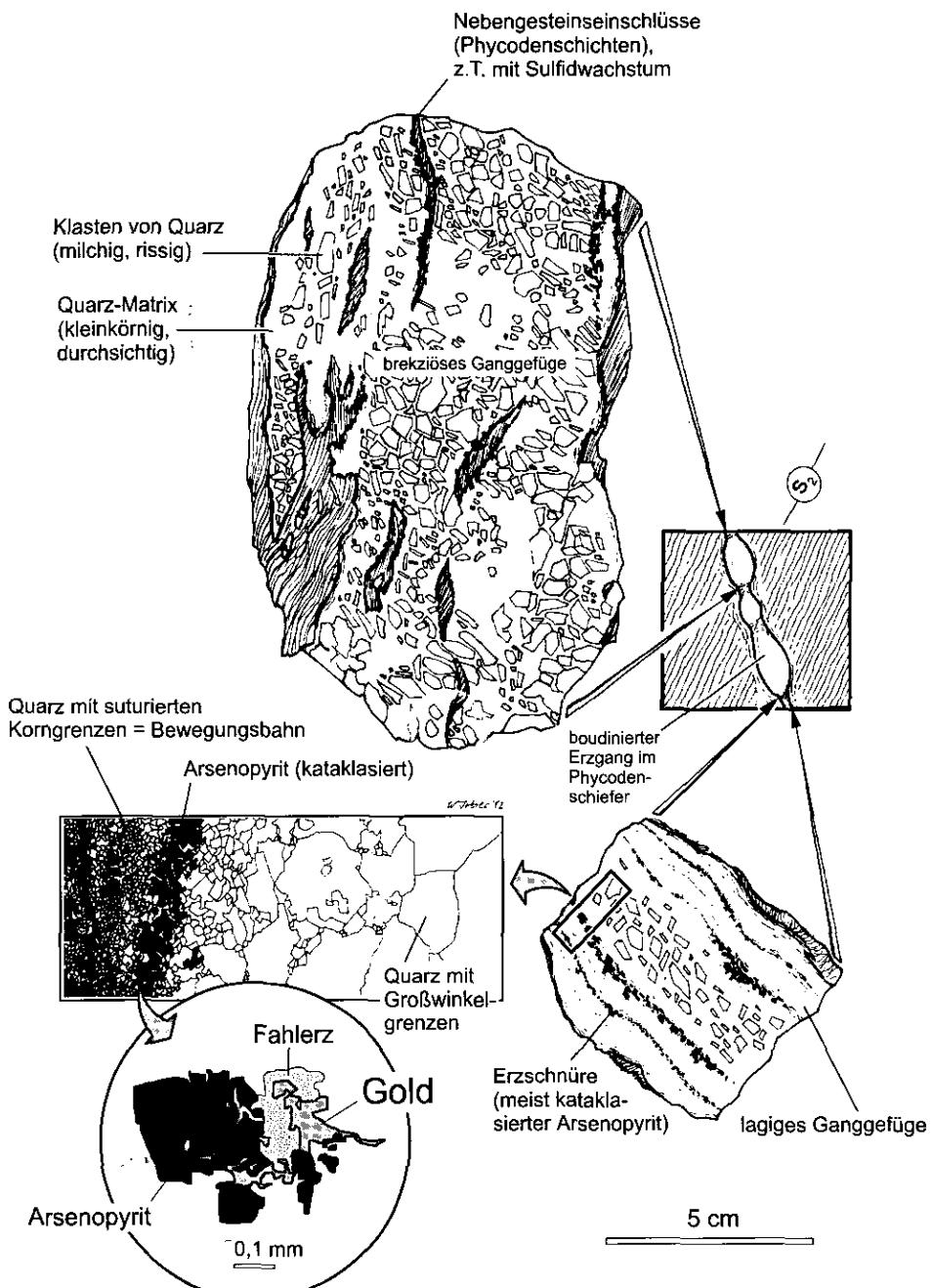


Abb. 17. Vereinfachte Darstellung der Gefügestrukturen in den Goldquarzgängen der Phycoden-schichten (Zeichnung nach Erzstufen und nach dem Dünnschliff).

bzw. Fluidbewegung innerhalb der Schiefer erkennen. Eine Untersuchung der Diabasgänge in den Phycodenschichten konnte ebenfalls kein Freigold nachweisen, so daß eine Goldmobilisierung aus den Diabasen eher unwahrscheinlich ist.

Nach der Silberarmut und den rundlichen Kornformen des aufgefundenen Goldes, das sich damit deutlich von Primärgold unterscheidet (vgl. Abb. 13) ist eine Interpretation als synsedimentäres Seifengold möglich. Dies wird zusätzlich durch das Fehlen dieses Goldes in den pelitisch geprägten Serien bestätigt. Nur wenige Körner besitzen Oberflächenformen, die ein Wachstum im Gestein in Nachbarschaft anderer Kristalle andeuten. Es könnte sich um sekundär durch Fluide umgelagertes Gold handeln, das genetisch in Verbindung mit der zum Teil intensiven Pyritisierung und Fluiddurchströmung dieser Gesteine steht (s. o.). Chemische Analysen aus pyritisierten Zonen ergeben gegenüber dem normalen Krustendurchschnitt von ca. 0,002 g/t deutlich erhöhte Au-Gehalte von ca. 0,1–0,2 g/t.

Bei der Bachsedimentprospektion konnte das extrem feinkörnige Gold (ca. 0,05 mm) nur selten nachgewiesen werden. Goldkörnchen dieser Größe besitzen nach eigenen Erfahrungen nicht nur ein verändertes Sedimentationsverhalten im Vergleich zum gröberkörnigen Gold, sie können auch mit der Waschpfanne im Gelände durch die starke Oberflächenspannung des Wassers kaum mehr gewonnen werden.

Insgesamt sind für die pyritisierte und verquarzte Zone zwischen Epigneis und Phycodenschichten die unterschiedlichen Gold-Kornformen und die mit der Pyritisierung varierenden Goldgehalte das typische Merkmal. Petrographisch lassen sich in den Epigneisen dieser Zone mindestens zwei bedeutende, tektonische Ereignisse erkennen: (1) synvariszische Mylonitisierung (duktile), (2) postvariszische Schertektonik (spröd-duktile). Beide Ereignisse waren offensichtlich mit einer stärkeren Fluiddurchströmung verbunden, die sich durch mehrere Generationen Pyrit im Gefüge belegen läßt. Ältere Pyrite wurden dabei kataklasiert, z. T. korrodiert und von rotierten Druckschattenquarzen umgeben (Abb. 23). Wahrscheinlich wurde bei beiden Ereignissen das fein verteilte, synsedimentäre Seifengold mobilisiert und wiederausgefällt bzw. an geeigneten tektonischen Strukturen konzentriert.

## 9. Tektonik der Nebengesteine und der Erzgänge

Die Gefügeelemente im Goldkronacher Erzrevier ergeben zahlreiche Hinweise auf eine kleinregionale tektonische Überprägung, die sich besonders intensiv im Bereich der Vererzungen nachweisen läßt. Sie überprägte die im Fichtelgebirge penetrative, aufschlußprägende Schieferung (vgl. STEIN 1988) und erzeugte konzentriert auf den Goldberg flach einfallende, fast N–S-streichende Schieferungsflächen mit dextralem Bewegungssinn und steil nach W einfallender Faltenachse (Abb. 21). Zusätzlich kam es an lithologischen Kompetenzgrenzen zur Reaktivierung der zahlreichen Abschiebungen aus variszischer Zeit mit Umwandlung in südost- bis ostvergente Aufschiebungen (Abb. 3). Häufig ist nahe diesen Bewegungsflächen eine intensive Quarzmobilisation festzustellen. Die damit verbundene, tektonisch bedingte Reduktion der ausstreichenden Gesteinseinheiten bei Goldkronach wird vor allem im Vergleich zwischen den geologischen Verhältnissen SW und NE der Bernecker Störung deutlich.

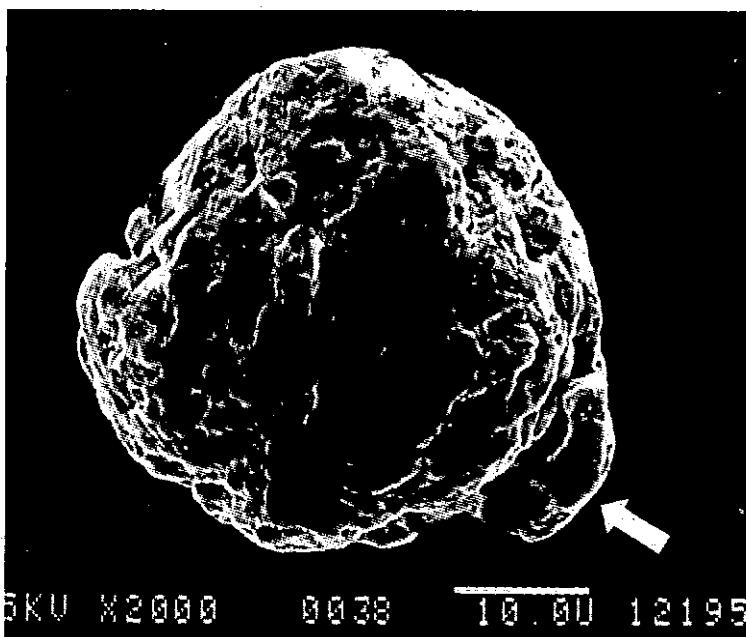


Abb. 18. Gerundetes, kugeliges Goldkorn aus dem Epigneis am Fürstenstein (Goldberg) mit einer für Seifengoldkörner typischen Umbiegung eines Kornfortsatzes (s. Pfeil; REM-Aufnahme, Objektgröße = 0,04 mm, Probe 1219).

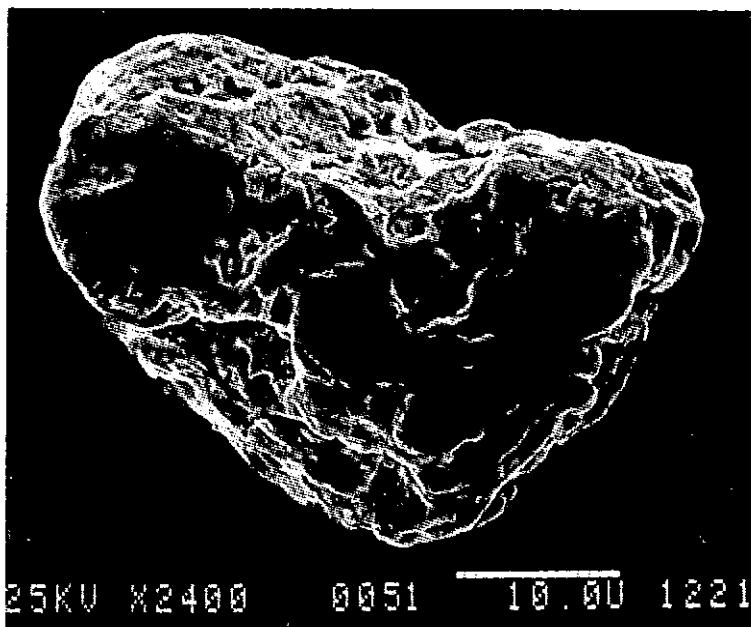


Abb. 19. Gerundetes, gedrungenes Goldkorn aus dem Quarzit im Übergang Epigneis-Phycoden-schichten am Goldberg (REM-Aufnahme, Objektgröße = 0,04 mm, Probe 1221).

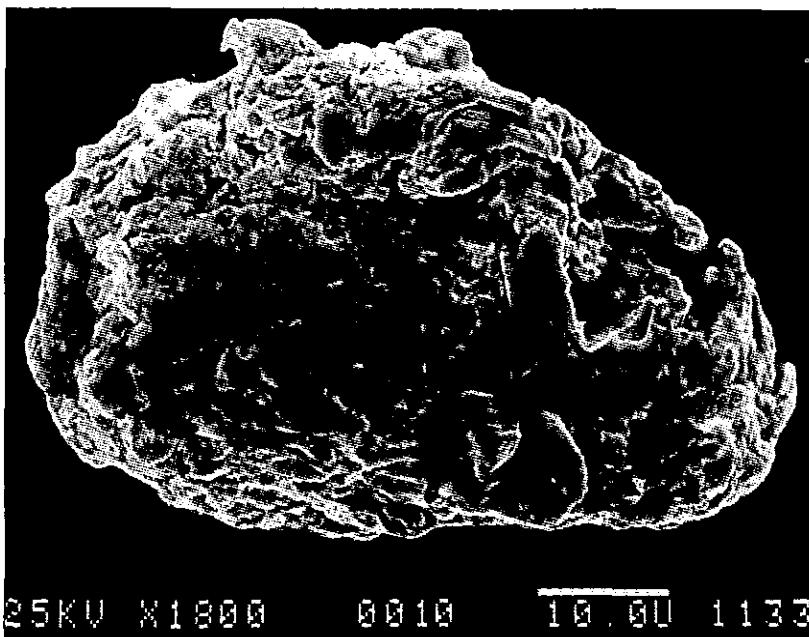


Abb. 20. Gerundetes Goldkorn aus den Phycodenschichten mit einer löchrig strukturierten Oberfläche (REM-Aufnahme, Objektgröße = 0,06 mm, Probe 1133).

Am auffälligsten ist bei Goldkronach die ostvergente Aufschiebung der devonischen Diabase auf die Schieferserien am Vorderen Goldberg, die zu einer Reduzierung der ausstreichenden Schichtmächtigkeiten mit intensiver Verschuppung z. B. an der „Silbernen Rose“ führte. Sich kreuzende Störungszonen, zahlreiche Scherklüfte mit Harnischen und verwürgte Schieferblätter mit Quarzmobilisaten sind dort das dominierende Gefügemerkmal (vgl. auch HOFMANN 1959). Weitere Zonen intensiver Tektonik sind die Liegendkontakte der Diabasgänge in den Phycodenschichten und der Übergang Epigneis-Phycodenschichten mit Mylonitisierung, Verquarzung und Pyritisierung.

Eine Untersuchung der Gefügestrukturen in den Erzgängen zeigt, daß diese nicht als klaffende Spalten entstanden sind, sondern sich im Sinne von Störungen schrittweise geöffnet haben müssen. Dafür sprechen neben der starken Boudinierung der Gänge auch deren brekziöses Interngefuge (Abb. 17) mit zahlreichen alterierten Nebengesteinseinschlüssen, das fast völlige Fehlen von Drusen und die zahllosen Flüssigkeitseinschlüsse in Quarz auf sekundären Bahnen. Die Merkmale zeigen eine wiederholte tektonische Aktivität mit Kataklase der jeweils älteren Komponenten an. Da das Gold hauptsächlich auf Rissen im zerbrochenen Arsenopyrit sitzt, ist die Hauptphase der Goldabscheidung in das finale Stadium der Erzgangbildung zu stellen (BUSCHENDORF 1931).

Die Anordnung der Gänge im Epigneis subparallel zum Hauptschieferungsgefüge (Abb. 22) läßt für diese ein höheres, relatives Alter vermuten als für die disjunkt zum Hauptschieferungsgefüge liegenden Erzgänge in den Phycodenschichten (Abb. 16). Weitergehende Zuordnungen der relativen Alterstellungen sind jedoch auf der Basis des bisherigen Kenntnisstandes nicht möglich.

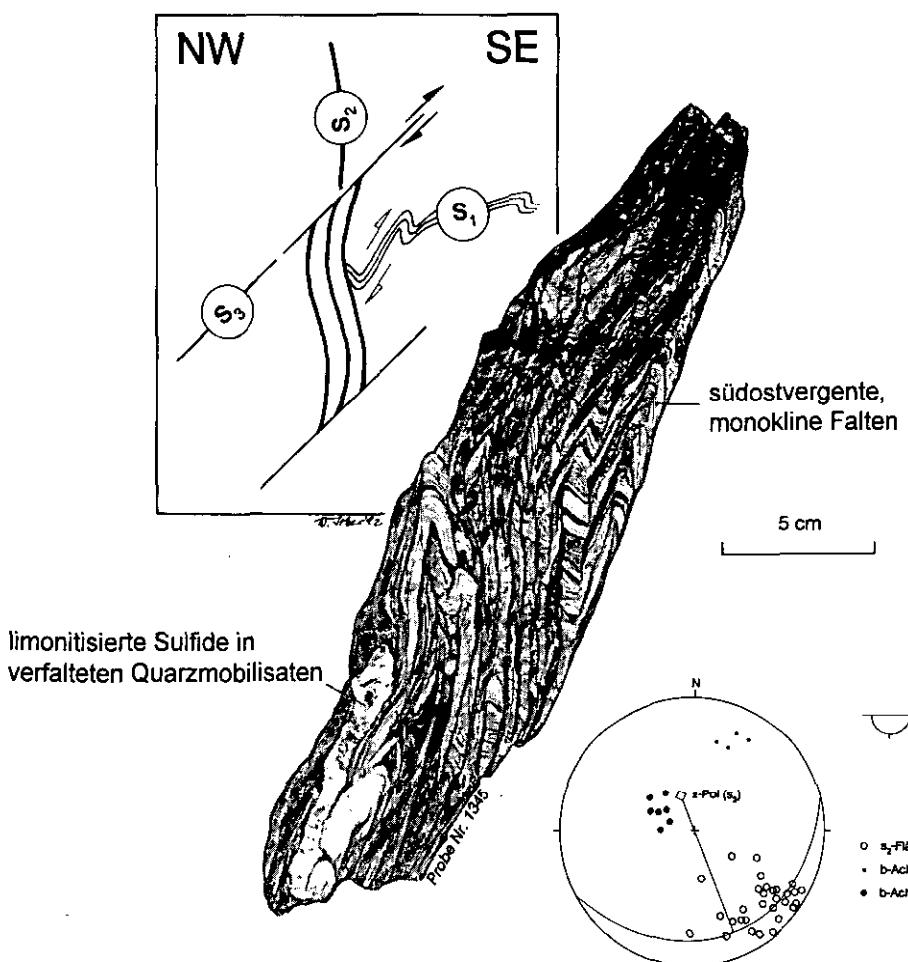


Abb. 21. Schieferblatt aus den Phycodenschichten mit einem südostvergenten verfalteten und transversal verschieferten ( $s_2$ ) sedimentären Lagenbau ( $s_1$ ). Die  $s_2$ -Fläche der Hauptschieferung wird bei der Anlage der  $s_3$ -Fläche im Zuge der Schertektonik sigmoidal verbogen. Im Stereonetz sind 41 Meßwerte aus den Phycodenschichten am Goldberg zusammengestellt. Aus den durch die Schertektonik verfalteten  $s_2$ -Flächen läßt sich ein  $\pi$ -Pol ermitteln, der mit direkt gemessenen Achsen an verfalteten Quarzmobilisaten übereinstimmt.

### 10. Tekto-genetisches Modell

Unter Berücksichtigung der tektonischen Gesamtsituation (vgl. Kap. 9) läßt sich für das zentrale Erzrevier innerhalb der Phycodenschichten der Aufbau einer stark kompressiven Spannungssituation zwischen dem Bernecker Gneiskeil mit den oberdevonischen Diabasen im NW und dem Epigneis im SE konstruieren. Die Haupteinengungsrichtung selbst scheint nach der tektonischen Gefügeaufnahme von der NW-SE- in die W-E-Richtung rotiert zu sein. In der Folge wurden an lithologischen Grenzen zahlreiche südost- bis ostvergente Aufschreibungen angelegt. Am Goldberg, wo sich die zahl- und goldreichsten Erzgänge befinden, ist eine Konzentration der tektonischen Überprägung deutlich erkennbar. Möglicherweise

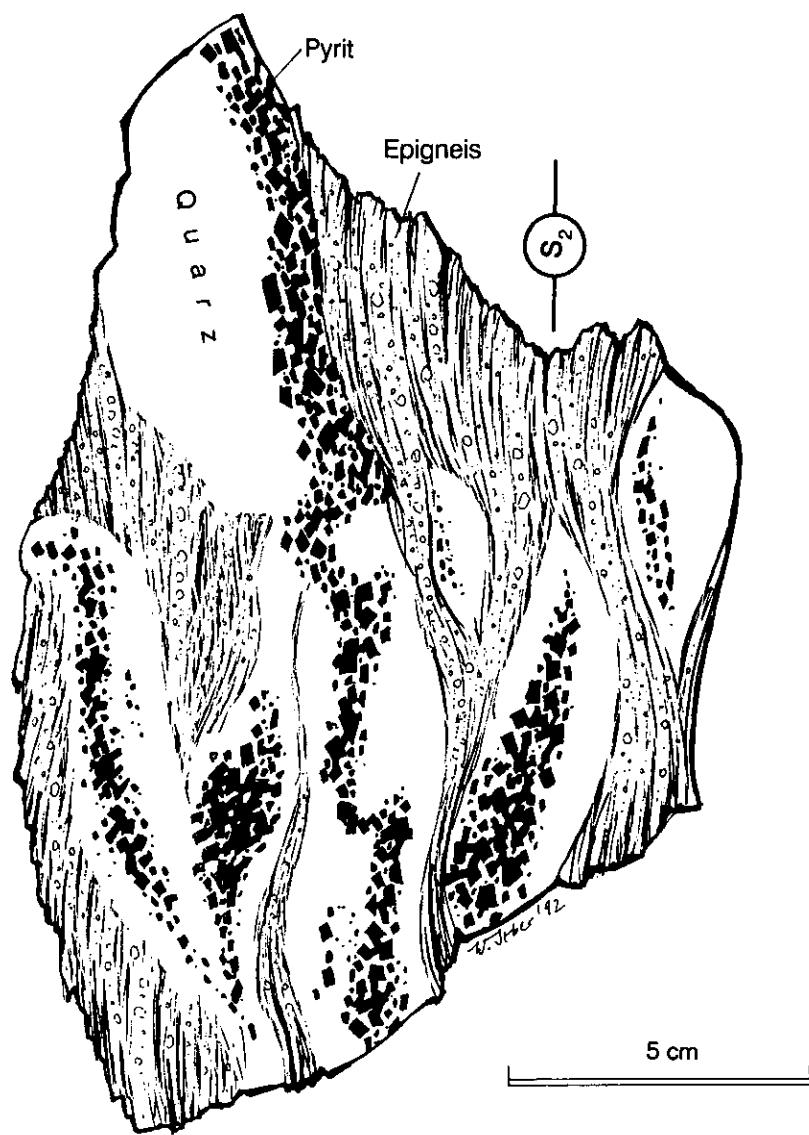


Abb. 22. Schematische Skizze eines gesägten Lesesteins von der Pyrit-Vererzung an der „Goldenen Krone“. Die Pyrit-Quarz-Gänge sind parallel bis subparallel in das Hauptschieferungsgefüge ( $S_2$ ) des Epigneises „eingeschlichtet“.

ist die Rotation der Einengungsrichtung auch für die unterschiedlichen Streichrichtungen der Goldquarzgänge verantwortlich (NE-SW und N-S).

Die vielfältige Lithologie im Erzrevier mit stark variierender Kompetenz der einzelnen Schichtglieder reagierte offensichtlich unterschiedlich auf die Schertektonik. Daraus würden sich die verschiedenen Lagen der Gänge relativ zum Hauptlagengefüge des Nebengesteins erklären lassen. Vor allem im inkompetenten Schieferpaket der unterordovizischen Phycodenschichten scheint die

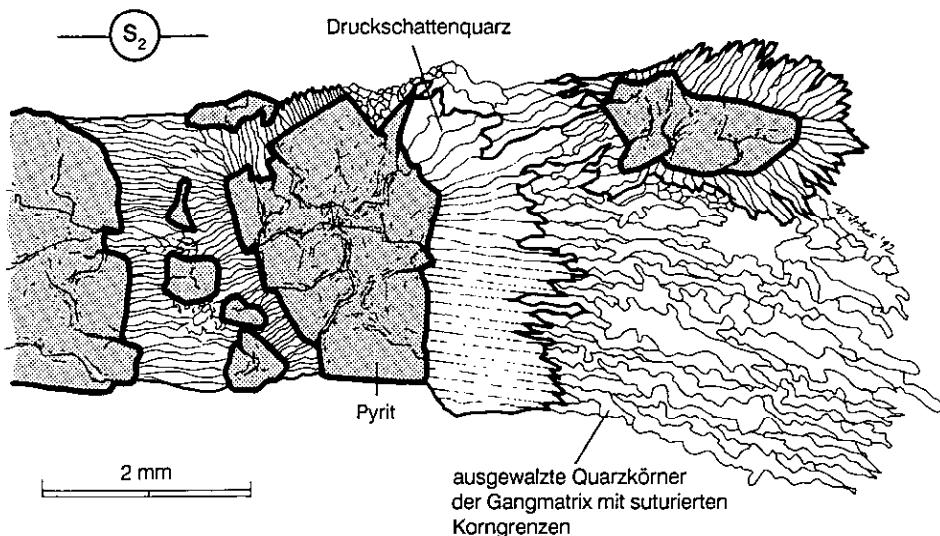


Abb. 23. Implikationsgefüge in einem Pyrit-Quarz-Gang vom Schmutzler-Stollen mit langen Druckschattenquarzen an den kataklasierten und auseinander gedrifteten Pyriten (Zeichnung nach dem Dünnschliff).

sf-parallele Einlagerung der kompetenten Diabasgänge der unmittelbare Auslöser für die Entstehung der sf-diskordanten Erzgänge im Liegenden gewesen zu sein. Es besteht jedoch kein zeitlicher Zusammenhang zwischen der Intrusion der Diabase und der Bildung der Erzgänge, sondern die Beziehung wird durch das kleintektonische Milieu im Umfeld der Diabasgänge bedingt. Ein Modell der Erzgangentstehung ist in Abb. 24 vorgestellt und basiert auf den Mächtigkeitschwankungen der Diabasgänge zwischen 4–40 m.

Zeitlich ist die Einengungstektonik mit Merkmalen des spröd-duktilen Übergangs postvariszisch bzw. postgranitisch einzuordnen. Eine genauere Einordnung ist derzeit ohne eine absolute isotopische Altersbestimmung nicht möglich. Am wahrscheinlichsten ist ein Zusammenhang mit den starken Hebungen des Fichtelgebirges in der Kreide und den Aufschreibungen an der Bernecker Störung und der Fränkischen Linie (TILLMANN 1954; DUYSTER et al. 1995). Ein späterer Zeitpunkt ist unwahrscheinlich, da in der späten Kreide die heute aufgeschlossene Tiefenstufe des Fichtelgebirges die 100 °C Isotherme unterschritten hat (HEJL & WAGNER 1990) und das nötige Temperaturumfeld für eine Vererzung dieser Art nicht mehr zur Verfügung gestanden hätte. Sollten sich die Goldseifen in den oberkretazischen Albenreuther Schottern bei Erbendorf (STETTNER 1992) von Vererzungen des Goldkronacher Typs ableiten lassen, würde damit ein weiterer Hinweis für eine zeitliche Eingrenzung nach oben bestehen. Unterstützt wird die kreidezeitliche Einordnung auch durch Ergebnisse im Rahmen der KTB (Kontinentale Tiefbohrung) bei Windischeschenbach, die für die Kreide starke tektonische Aktivitäten mit einer Fokussierung entlang der Fränkischen Linie erkennen lassen (DUYSTER et al. 1995). Ein möglicher Bezug dieser Tektonik zum Beginn der alpidischen Orogenese wird dabei diskutiert.

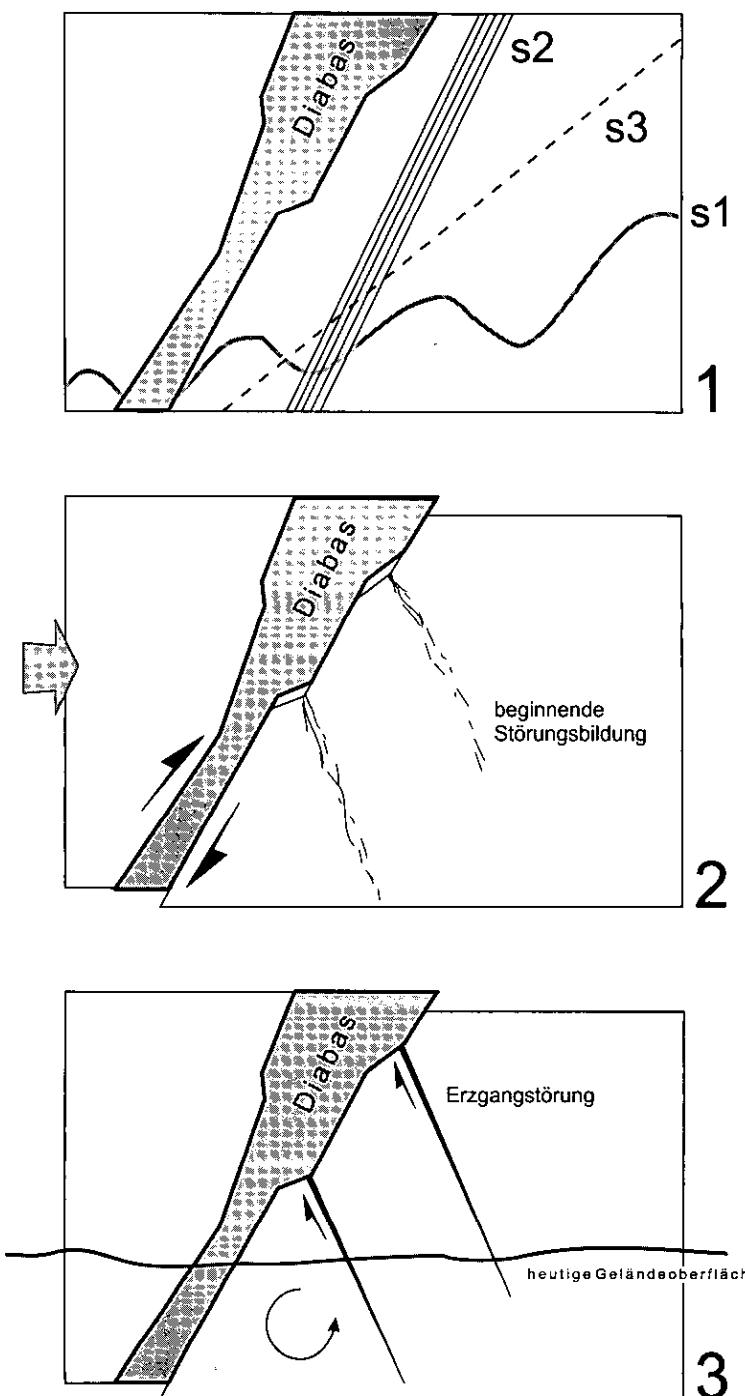


Abb. 24. Tekto-genetisches Modell der Erzgangentstehung in den Phycodenschichten. Die variierenden Mächtigkeiten der Diabasgänge könnten bei tektonischer Bewegung der unmittelbare Auslöser für die Entstehung der „Erzgangstörungen“ gewesen sein.

Nachfolgende tektonische Aktivitäten im Tertiär, die als Blocktektonik den gesamten Fichtelgebirgsraum morphologisch gliederten (STETTNER 1977; STEIN 1988), scheinen für die intensive Zerstückelung und Versetzung der Erzgänge verantwortlich zu sein (Abb. 16). Der bergmännische Abbau in historischer Zeit war dadurch wesentlich erschwert worden; die oft vergebliche Suche nach den tektonisch versetzten Erzgängen hatte den Bergbau zeitweise zum Erliegen gebracht.

## 11. Zusammenfassung

Die Gold-Antimon-Vererzungen von Goldkronach-Brandholz sind das Ergebnis eines komplexen Zusammenwirkens metamorpher und vor allem tektonischer Vorgänge mit wiederholter Fluidmigration. Dadurch konnte in einem gering goldhaltigen Nebengestein eine zumindest in der Vergangenheit wirtschaftlich interessante Goldvererzung hervorgebracht werden.

Die rund ein Dutzend, meist gangförmigen Vererzungen lassen sich von West nach Ost in Antimonit-, Arsenopyrit- und Pyrit-reiche Goldquarzgänge gliedern. Deren auffälliger nebengesteinsabhängiger Bezug, z. B. zwischen Antimonit-Vererzungen und Schwarzschiefern, deutet auf eine kleinräumige Metallmobilisation aus dem unmittelbaren Umfeld. Für das Gold lässt sich seit der variszischen Orogenese eine wiederholte Mobilisation und Konzentration ehemals dispers verteilter geringer Gehalte konstruieren, wobei die Hauptvererzung selbst postorogen stattgefunden haben muß (Kreide?). Als mögliche Quelle für das Gold kommen im nicht alterierten Nebengestein (Meta-Sedimente) fein verteilte Goldkörnchen mit Korngrößen um 0,05 mm in Frage. Durch deren Beschränkung auf klastische Serien, die rundliche Kornform und die silberarme Zusammensetzung ist eine Interpretation im Sinne von synsedimentärem Seifengold möglich.

Als unmittelbarer Auslöser für die Entstehung des heutigen Vererzungsbildes deutet sich eine im Randbereich des Fichtelgebirges zwischen Fränkischer Linie und Bernecker Störung kompressive Spannungssituation in NW-SE bis W-E-Richtung an („Schraubstock“). Sie scheint mit den Aufschiebungen an der Fränkischen Linie in Zusammenhang zu stehen und intensivierte sich bei Goldkronach. Eine detaillierte Bachsedimentprospektion zeigt, daß in diesem Zusammenhang das Gebiet bei Goldkronach zwischen Fränkischer Linie und Bernecker Störung eine allgemeine Anhebung des Goldgehaltes durch Fluidmigration erfahren hat, die nicht allein auf die bisher bekannten Vererzungsstrukturen beschränkt ist.

Ein Einfluß der Fichtelgebirgsgranite ist im Gegensatz zu früheren Genesemodellen nicht mehr notwendig und es entfällt auch die einst zwangswise Einbindung in die Variszische Orogenese. Starke tektonische, postvariszische Aktivitäten entlang der Fränkischen Linie von Perm bis Tertiär erweitern den möglichen Haupt-Vererzungszeitraum, lassen aber aus thermischen Gründen maximal ein oberkreidezeitliches Alter für die Vererzungen in Frage kommen.

Danksagung: Herzlicher Dank geht an Prof. Dr.-Ing. GIULIO MORTEANI und Dr. GERHARD LEHRBERGER (TU München), durch deren zahlreiche Goldforschungsaktivitäten im bayerischen Raum diese Arbeit erst ermöglicht wurde. Die kritische Durchsicht des Manuskripts durch

Dr. GERHARD STETTNER hat zur wesentlichen Verbesserung in der Berücksichtigung regionalgeologischer Aspekte und ihrer interpretativen Einbindung geführt. Herr GÜNTER BLECHSCHMIDT hatte in seiner Eigenschaft als Erster Bürgermeister von Goldkronach alle Untersuchungen tatkräftig unterstützt. Nicht mehr erhältliches Probenmaterial der stillgelegten Bergbaue wurde von Herrn Dr. GEROLD PASCHER (Regensburg) in hervorragender Qualität zur Verfügung gestellt. Zahlreiche Hinweise der Goldkronacher und Goldkronacherinnen trugen zu vielen Details in dieser Arbeit bei, wobei hier besonders Herr GÜNTER WEIN hervorzuheben ist. Dem FORSTAMT GOLDKRONACH wird für das Kartenmaterial und die großzügige Genehmigung zur Befahrung der weitläufigen Waldwege gedankt. Die geologische Beweisfindung unterstützte z. T. Herr BRINKEL, dem für die Übernahme des geologischen Erbes in Goldkronach bestes Gelingen gewünscht wird.

## 12. Literatur

- BABIC, D. (1981): Einige Aspekte zur hydrothermalen Kristallisation von Antimonglanz. – N. Jb. Min. Abh., **141**: 142–129, Stuttgart.
- BLÜMEL, P. (1990): Variscan syn- and post-tectonic magmatism. – In: FRANKE, W. [Hrsg.]: Terranes in the circum-atlantic Paleozoic orogens: Field guide – Bohemian massif, IGCP 233, IUGS UNESCO: 37–48, Göttingen-Gießen.
- BUSCHENDORF, F. (1930): Die primären Golderze des Hauptganges bei Brandholz im Fichtelgebirge unter besonderer Berücksichtigung ihrer Paragenesis und Genesis. – N. Jb. Min. Beih., **62A**: 1–50, Clausthal.
- BUSCHENDORF, F. (1931): Das Gangrevier von Brandholz-Goldkronach im Fichtelgebirge. – Jb. d. Halleschen Verb.'s, **10**: 31–51, Halle a. d. Saale.
- CHANGKAKOTI, A., GAO, Z., GREEN, N., KWAK, T. A. P., GRAY, J. & KROUSE, H. R. (1996): Contrasting origins of Au- and Sb-bearing fluids, Central Victoria, Australia. – N. Jb. Mineral., **6**: 271–285, Stuttgart.
- DESBOROUGH, G. A. & FOORD, E. E. (1992): A monoclinic, pseudo-orthorhombic Au-Hg mineral of potential economic significance in Pleistocene snake river alluvial deposits of southeastern Idaho. – Can. Mineral., **30**: 1033–1038, Montreal.
- DILL, H. (1980): Das Antimonvorkommen bei Wolfersgrün/Frankenwald. – Geol. Jb., **D 41**: 23–37, Hannover.
- DILL, H. (1985): Die Vererzung am Westrand der Böhmischen Masse – Metallogenese in einer ensialischen Orogenzone. – Geol. Jb., **D 73**: 1–382, Hannover.
- DILL, H. (1988): Lagerstätten-Typisierung und metallogenetische Entwicklung im Umfeld der Grenzregion Saxothuringikum-Moldanubikum (Nordbayern) – ein Überblick. – Geologica Bavarica, **92**: 133–150, München.
- DUYSTER, J., KONTNY, A., WALL, H. DE, & ZULAUF, G. (1995): Postvariszische Krustenstapelung am Westrand der Böhmischen Masse. – Geowiss., **13** (4): 135–141, Weinheim.
- EMMERT, U. & STETTNER, G. (1995): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25 000, Blatt Nr. 6036 Bad Weidenberg. – 239 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- FOSTER, R. (1990): Gold mineralization - recent advances in predictive metallogeny. – Terra Nova, **2**: 215–225, Oxford.
- GANDL, J., FRIEDRICH, T. & HAPPEL, M. (1986): Zur Stratigraphie des nichtmetamorphen Paläozoikums am Südrand der Münchberger Gneismasse. – Geologica Bavarica, **89**: 77–93, München.
- GÖTZ, M. (1936): Goldmühl. – Siebenstern, **10**: 24–28, Hof.
- GUILLEMETTE, N. & WILLIAMSJONES, A. E. (1993): Genesis of the Sb-W-Au deposits at Ixtahuan, Guatemala – Evidence from fluid inclusions and stable isotopes. – Mineral. Deposita, **28**, 3: 167–180, Berlin (Springer).

- HEJL, E. & WAGNER, G. A. (1990): Geothermische und tektonische Interpretation von Spaltspurdaten am Beispiel der Kontinentalen Tiefbohrung in der Oberpfalz. – *Naturwiss.*, **77**: 201–213, Berlin (Springer).
- HOFMANN, R. & RICHTER, D. (1959): Kleintektonische Probleme des westlichen Fichtelgebirges zwischen Goldkronach und Erbendorf. – *N. Jb. Geol. Paläont.*, **108**: 215–238, Stuttgart.
- IRBER, W. (1992): Das Golderzrevier von Goldkronach-Brandholz im Fichtelgebirge – Petrographie, Tektonik und lagerstättenkundliche Untersuchung mit der Entwicklung eines neuen Genesemodells. – Unveröff. Dipl.-Arb., TU München, 232 S., Garching.
- IRBER, W. & LEHRBERGER, G. (1993): Das Gold-Erzrevier von Goldkronach-Brandholz im Fichtelgebirge: Ein modifiziertes Genesemodell. – *Ber. Dt. Mineral. Ges., Beih. Eur. J. Mineral.*, **5**, 1: 225, Stuttgart.
- JOULEH, M. (1989): Zur Geochemie und Petrographie ausgewählter Metabasite (Diabase) des Fichtelgebirges und Frankenwaldes. – Unveröff. Dipl.-Arb. Univ. Köln: 86 S., Köln.
- JUNG, R. & HÖLL, R. (1982): Wolframvorkommen in Nordost-Bayern. – *Erzmetall*, **35**: 142–147, Weinheim.
- LEHRBERGER, G. (1992): Metallogenese von Antimonit-Gold-Lagerstätten in marinen Sedimenten der Ostkordillere Boliviens. – *Münchener Geol. Hefte*, **6**: 204 S., München.
- LEHRBERGER, G., PREINFALK, C. & MORTEANI, G. (1988): Historischer Goldbergbau im Oberpfälzer Wald im Licht neuer geologisch-mineralogischer Untersuchungen. – *Acta Albertina Ratisbonensis*, **45**: 95–128, Regensburg.
- LUDWIG, K. H. & GRUBER, F. (1987): Gold- und Silberbergbau im Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit. Das Salzburger Revier von Gastein und Rauris. – 400 S., Köln (Bohler).
- MÖLLER, P. (1995): Accumulation of gold by electrochemical processes. – In: MORTEANI, G. & NORTHOVER, J. P. [Hrsg.]: *Prehistoric Gold in Europe*. NATO ASI Ser., **E 280**: 145–157, Dordrecht (Kluwer).
- MOSSMAN, D. J. & LEYPOHL, D. (1995): The lore and lure of Rhine gold. – *Gold Bull.*, **28** (3): 72–78, London.
- NESBITT, B. E., MUEHLENBACHS, K. & MUROWCHICK, J. B. (1989): Genetic implications of stable isotope characteristics of mesothermal Au deposits and related Sb and Hg deposits in the Canadian Cordillera. – *Econ. Geol.*, **84**: 1489–1506, Lancaster.
- OKRUSCH, M., SCHÜSSLER, U., SEIDEL, E., KREUZER, H. & RASCHKA, H. (1990): Pre- to early-Variscan magmatism in the Bohemian Massif. – In: FRANKE, W. [Hrsg.]: *Terranes in the Circum-Atlantic Paleozoic Orogens: Field guide – Bohemian massif*, IGCP 233, IUGS UNESCO: 25–36, Göttingen-Gießen.
- PASCHER, G. (1985): Gold aus dem Fichtelgebirge. – *Lapis*, **10**: 25–42, München (Weise).
- PASCHER, G. & SPERLING, T. (1990): Mineralien von Goldkronach – Die klassischen Mineralien und die Neubestimmungen. – In: Offizieller Katalog der 27. Mineralientage München, 16.–18. Oktober 1990, 109–111, München (Attenberger).
- PETERS, S., GOLDING, S. & DOWLING, K. (1990): Mélange- and sediment-hosted gold-bearing quartz veins, Hodgkinson gold field, Queensland, Australia. – *Econ. Geol.*, **85**: 312–327, Lancaster.
- RICHTER, P. (1986): Zum Auftreten von Gold im nordostbayerischen Grundgebirge. – *Geologica Bavaria*, **89**: 49–65, München.
- RICHTER, P. & STETTNER, G. (1993): Lithologische und geochemische Profilierung im Kambro-ordovizium des südlichen Waldsassener Schiefergebirges. – *Geologica Bavaria*, **98**: 175–217, München.
- SCHNEIDERHÖHN, H. (1962): *Erzlagerstätten*. – 371 S., Stuttgart (Gustav Fischer).

- SCHRÖDER, B. (1958): Stratigraphie und Tektonik vor der Fränkischen Linie bei Kemnath-Pressath (Opf.) und die tektonische Lage der Basaltdurchbrüche. – Erlanger Geol. Abh., **25**: 1–72, Nürnberg.
- SIEBEL, W., RASCHKA, H., IRBER, W., KREUZER, H., LENZ, K.-L., HOEHNDRF, A., & WENDT, I. (1997): Early Palaeocoic acid magmatism in the Saxothuringian belt: new insights from a geochemical and isotopic study of orthogneisses and metavolcanic rocks from the Fichtelgebirge, SE Germany. – J. Petrol., **38**, 2: 203–230, Oxford (Clarendon).
- SINGER, F. W. (1961): Ein Besuch im Goldkronacher Bergaugebiet im Herbst 1853. – Siebenstern, **30**: 24–27, Hof.
- STEIN, E. (1988): Die strukturgeologische Entwicklung im Übergangsbereich Saxothuringikum/Moldanubikum in NE-Bayern. – Geologica Bavaria, **92**: 5–131, München.
- STETTNER, G. (1977): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 5936 Bad Berneck i. F. – 225 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- STETTNER, G. (1980): Zum geologischen Aufbau des Fichtelgebirges. – Aufschluß, **31**: 391–403, Heidelberg.
- STETTNER, G. (1990): KTB – Umfeldgeologie. – 31 S., München, (Bayer. Geol. L.-Amt).
- STETTNER, G. (1992): Geologie im Umfeld der Kontinentalen Tiefbohrung Oberpfalz – Einführung und Exkursionen. – 240 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- TEAGLE, D. A. H., NORRIS, R. J. & CRAW, D. (1990): Structural controls on gold-bearing quartz mineralization in a duplex thrust system, Hyde-Macraes shear zone, Otago Schist, New Zealand. – Econ. Geol., **85**: 1711–1719, Lancaster.
- TEUFEL, S. (1988): Vergleichende U-Pb- und Rb-Sr-Altersbestimmungen an Gesteinen des Übergangsbereichs Saxothuringikum/Moldanubikum, NE-Bayern. – Göttinger Arb. Geol. Paläont., **49**: 1–87, Göttingen.
- TILLMANN, H. (1954): Die Kreide in Nordostbayern. – In: BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDES-AMT [Hrsg.]: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500 000, 1. Aufl., München.
- TRÖGER, E. (1924): Die Goldquarzgänge bei Brandholz im Fichtelgebirge. – Unveröff. Dipl.-Arb., Bergakad. Freiberg, 39 S., Freiberg.
- VOIGT, R. (1963): Über das Diabasvorkommen von Mellenbach im Schwarzenburger Sattel (Thüringen). – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **116**: 225–268, Stuttgart.

Manuskript bei der Redaktion eingegangen am 24. 6. 1997.

# Die Geschichte des Goldkronach-Brandholzer Gold- und Antimonbergbaus

Von FRITZ ZÜRL

Mit 14 Abbildungen

## Kurzfassung

Der Ursprung des Bergbaus im Fichtelgebirge geht vermutlich bis auf das 6. Jahrhundert zurück. Anfangs wusch man die edlen Metalle in Wasch- und Seifenwerken aus dem Sand der Bäche und dem Erdreich der Ufer, am Weißen Main vor allem Gold.

Der eigentliche Bergbau begann mit seiner Sicherung durch den Landesherrn, der die Bergrechte vom Kaiser verliehen bekam. Mit der Errichtung eines Goldbergwerks im 14. Jahrhundert bei Goldkronach begann die Blütezeit des Bergbaus. Es folgte eine bedeutende Epoche von über 400 Jahren, die Zeit der Burggrafen von Nürnberg und der Markgrafen von Ansbach-Bayreuth/Kulmbach. Zeiten erfolgreichen Bergbaus wurden durch Kriegswirren und Führungswechsel behindert und unterbrochen, hauptsächlich durch den 30jährigen Krieg, nach dem sich eine wirksame und dauerhafte Erholung auch im 18. Jahrhundert nicht einstellte.

1792 übernahm Preußen das Fürstentum. Alexander von Humboldt wurde Oberbergmeister und leitete den Bergbau bis 1796. Seine Maßnahmen führten zu einem deutlichen Aufschwung in der Fürstenzeche im Goldkronacher Revier, der sich noch über die Jahrhundertwende auswirkte. Nach wenigen Jahren erfolgte allerdings die Einstellung des Bergbaus.

Nach kurzer französischer Herrschaft übernahm 1810 der bayerische Staat den Goldkronacher Bergbau. Die Wiedergewältigung des Tiefen Fürstenstollen geschah von 1827 bis 1833. In Brandholz entstanden auf der Halde des Unteren Scheibenschachtes 1838 das Zechenhaus mit Nebengebäude, die Schmelzhütte und der Neubau der Käue. Als weitere Betriebsgebäude zur Aufbereitung der Erze wurden ab 1852 das Poch- und Waschwerk, das Kohlenhaus und die Schmelzhütte mit Amalgamierwerk gebaut. Die Scheidung der Antimonerze erfolgte durch die Siebsetzarbeit. In einem 1854 vorgelegten Betriebsplan wurden Schwerpunkte für die südliche Abteilung der Fürstenzeche in Bezug auf Betrieb, Aufbereitung und Zugutmachung der Erze gesetzt. Man erwartete neuen Aufschwung und reiche Ausbeute an gold- und silberhaltigen Erzen.

1856 wurde der Sitz des Bergamts Wunsiedel nach Brandholz verlegt. Die Brandholzer und Erbendorfer Gruben schlossen sich 1857 zusammen. Von Brandholz wurden der Steiger und zahlreiche Bergleute nach Erbendorf versetzt. Der Bergbau wurde 1861 in Brandholz und 1866 in Erbendorf eingestellt. Das Bergamt war 1864 nach Bayreuth verlegt worden. Die zum Bergbau gehörigen Grundstücke und Gebäude wurden an Private verkauft.

Erzanalysen des Reviers Fürstenzeche von 1851/1854, die einen sehr hohen Goldgehalt ergeben hatten, führten anfangs des 20. Jahrhunderts zur Wiedereröffnung des Bergwerks in Brandholz. Man gründete die Bergbau-Aktiengesellschaft Fichtelgold 1920. Das Hauptgewicht wurde auf das Revier Fürstenzeche gelegt, der 200 m tiefe Ludwig-Wittmann-Schacht niedergebracht und die Pochwerksanlage errichtet. Der Betrieb begann 1923 und mußte 1925 nach Problemen bei der Aufbereitung und Geldmangel eingestellt werden.

## Abstract

Mining activities in the Fichtelgebirge mountains date back almost to the 6<sup>th</sup> century, when prospectors panned gold from the sands of the creeks and small rivers, such as the Weiße Main.

Systematic and organised mining started only when the miners were protected by the "Landesherr", who was given the mining rights by the German emperor. The set-up of gold mines near

Goldkronach in the 14<sup>th</sup> century started the mining boom in the Fichtelgebirge. The main period of gold mining lasted for over 400 years, during the reign of the "Burggrafen" from Nuremberg and the "Markgrafen" from Ansbach-Bayreuth/Kulmbach. Times of flourishing mining activities alternated with war times, during which mining almost ceased. The main decline of the mining activities was caused by the Thirty-Years-War (1618–1648), which greatly reduced the population. After the war mining never fully recovered.

In 1792 the Prussian kingdom overtook the former area of Bayreuth and Alexander von Humboldt, a still young mining engineer became responsible for the mining until 1796. His ideas raised mining production, particularly in the "Fürstenzeche" mine in Brandholz. Although many improvements were made, mining came to an end in the early years of the 19<sup>th</sup> century due to poor economic success.

After a short period under French government, the Goldkronach mining district became part of the Kingdom of Bavaria. Some of the lower adits, in particular those necessary for dewatering, were reopened from 1827–1833. In Brandholz important mine offices, a shafthead, workshops and laboratories were built on the dump of the "Unterer Scheibenschacht" mine. Antimony ores were concentrated by jigs. After 1852 a new stamp mill and amalgamation plant were built in Brandholz. In 1854 a new plan for a better development of the southern part of the "Fürstenzeche" mine was made in the hope to find rich gold- and silver-ores.

In 1856 the state mining administration office moved to Brandholz. One year later the gold mines in Brandholz and the lead-zinc-silver mines in Erbendorf joint and many miners were sent from Brandholz to Erbendorf. In 1861 the Brandholz mines and in 1866 the Erbendorf mines were closed. The mining administration moved to Bayreuth and the mine areas were sold to private persons.

Based on promising gold-analyses from the mid 19<sup>th</sup> century, a new company formed to resume gold mining. The "Fichtelgold" company concentrated on mining of the Fürstenzeche mine and sank the "Ludwig-Wittmann-Shaft" to a depth of approx. 200 m. They also built a new stamp mill and a cyanide leaching plant. Due to technical problems with the concentration process the company had to close the mine again in 1925.

Since then only minor exploration projects were conducted in the 1970s and 1980s.

## Inhalt

1. Ursprung des Bergbaus .....	144
2. Blütezeit des Bergbaus .....	145
3. Verfall des Bergbaus durch Kriegswirren .....	145
4. Vom Ende des 30jährigen Krieges bis zum Ende der Markgrafenzeit, 1648–1792 .....	148
5. Preußische Zeit 1792–1806 .....	152
6. Unter französischer Herrschaft 1806–1810 .....	156
7. Bayerische Zeit 1810–1864 .....	156
8. Goldbergbau im 20. Jahrhundert .....	167
9. Quellen und Literatur .....	170

## 1. Ursprung des Bergbaus

Die Frage nach dem Ursprung des Bergbaus im Fichtelgebirge hat seit Jahrhunderten die Montanhistoriker und Heimatforscher dieses Raumes beschäftigt. Während der Zeitpunkt nicht mit Sicherheit festgelegt werden kann, die Schätzungen bis ins 6. Jahrhundert zurückgehen, wird allgemein angenommen, daß die von Osten ins Fichtelgebirge eindringenden slawischen Sorben hier die ersten Bergleute waren. Sie kamen aus Böhmen und Mähren, wo längst Eisenbergwerke betrieben wurden (KÖHL 1913: 7–8). Auch die Bewohner des Fichtelgebirges beteiligten sich zunehmend an der Suche nach edlen Metallen, besonders nach Gold, und der Erfolg lockte bald auch Fremde an.

Anfangs versuchte man aus dem Sand der Bäche und dem Erdreich an den Flußufern die Metalle auszuwaschen, so auch am Weißen Main oberhalb der Mündung der Ölschnitz bei Bad Berneck, und es entstanden hier Wasch- und Seifenwerke (DÜRRSCHMIDT 1800: 118). Da die Goldsuche flußaufwärts ergebnislos blieb, konzentrierte man sich auf das Zoppatal, wo die Goldwässcher die Ausbisse der goldführenden Erzgänge fanden und ausbeuteten. Im Laufe der nächsten Jahrhunderte drangen die Bergleute weiter nach Süden vor und beschränkten sich nicht nur auf das Zoppatal, das aber weiterhin Mittelpunkt des Goldabbaus blieb. Ein deutlicher Aufschwung zeichnete sich im 14. Jahrhundert ab; da umfangreiche Arbeiten in den Zechen viele Arbeitskräfte erforderten, siedelten sich im nahen Cronach, dem heutigen Goldkronach, immer mehr Bergleute an. Zur Sicherung des Bergbaus war die Hilfe des Landesherren Friedrich IV., Burggraf von Nürnberg, erforderlich, einem Förderer des Bergbaus. Ihm war von Kaiser Ludwig dem Bayern 1323 das Recht zugesprochen worden, für sich und seine Leiberben Erz auf seinem Gebiet zu fördern, 1324 auch im Oberland zwischen Plassenburg und Münchenberg. Dieses Privilegium, Erze in Bergwerken abzubauen, wurde zu Rom 1328 von Kaiser Ludwig und 1355 von Kaiser Karl IV. bestätigt (DÜRRSCHMIDT 1800: 120).

## 2. Blütezeit des Bergbaus

1363 wurde Burggraf Friedrich V. in den Fürstenstand erhoben und erhielt das Münzrecht in Bayreuth und Kulmbach; das Bergrecht wurde ihm bestätigt und auf alle Metalle ausgedehnt. Im gleichen Jahr ließ er ein Goldbergwerk bei Cronach eröffnen, wahrscheinlich die Alte Goldzeche, die spätere Gold- und Fürstenzeche und verlieh die Grube seinem Bergmeister Hans von Watzmannsdorf nach Iglauer und Kuttenberger Recht. 1365 erhob er das aus vormals drei Höfen bestehende Cronach zur Stadt und verlieh ihr die gleichen Bergfreiheiten wie Iglau (Jihlava) in Mähren. Im Falle der Einstellung des Bergbaus sollten die Stadtgerechtigkeiten von Kulmbach gelten (KÖHL 1913: 22). Damit begann der Aufschwung des Bergbaus, Bergleute, Handwerker usw. siedelten sich an, aus Cronach wurde Goldkronach.

Die Erwartungen bezüglich der Hauptzeche, die Alte Goldzeche genannt, erfüllten sich. Der Mittelgang war der reichste von allen. Die Ausbeute wird für diese „Glanzperiode“ von 1395 bis 1430 mit 1200 bis 1600 rhein. Goldgulden wöchentlich angegeben (STA BAMBERG C 9/VI 17310). In dieser Zeit entstanden etliche Gruben wie „Rautenkranz“, „Ostertag“, „Fürstelstein“, „Silberrose“, „Schmutzler“ u. a. m. Sie bildeten die Gold- und Fürstenzeche (KÖHL 1913: 22). Zwischen 1370 und 1385 wurde der Schmidtenstollen, und zur Entwässerung um 1400 der „Tiefe Fürstenstollen“ angelegt (CHINTA 1983: 188) (Abb. 1).

## 3. Verfall des Bergbaus durch Kriegswirren

Diese Zeit des Aufschwungs und des blühenden Bergbaus wurde jäh beendet durch die Hussiteneinfälle, die sich ab 1430 für Bayreuth und sein Umland verheerend auswirkten. Plünderungen, Verwüstungen, Zerstörung auch von Berg-

## **COLD. UND ANTIMONBERGWERKE BEI COLDKRONACH.**

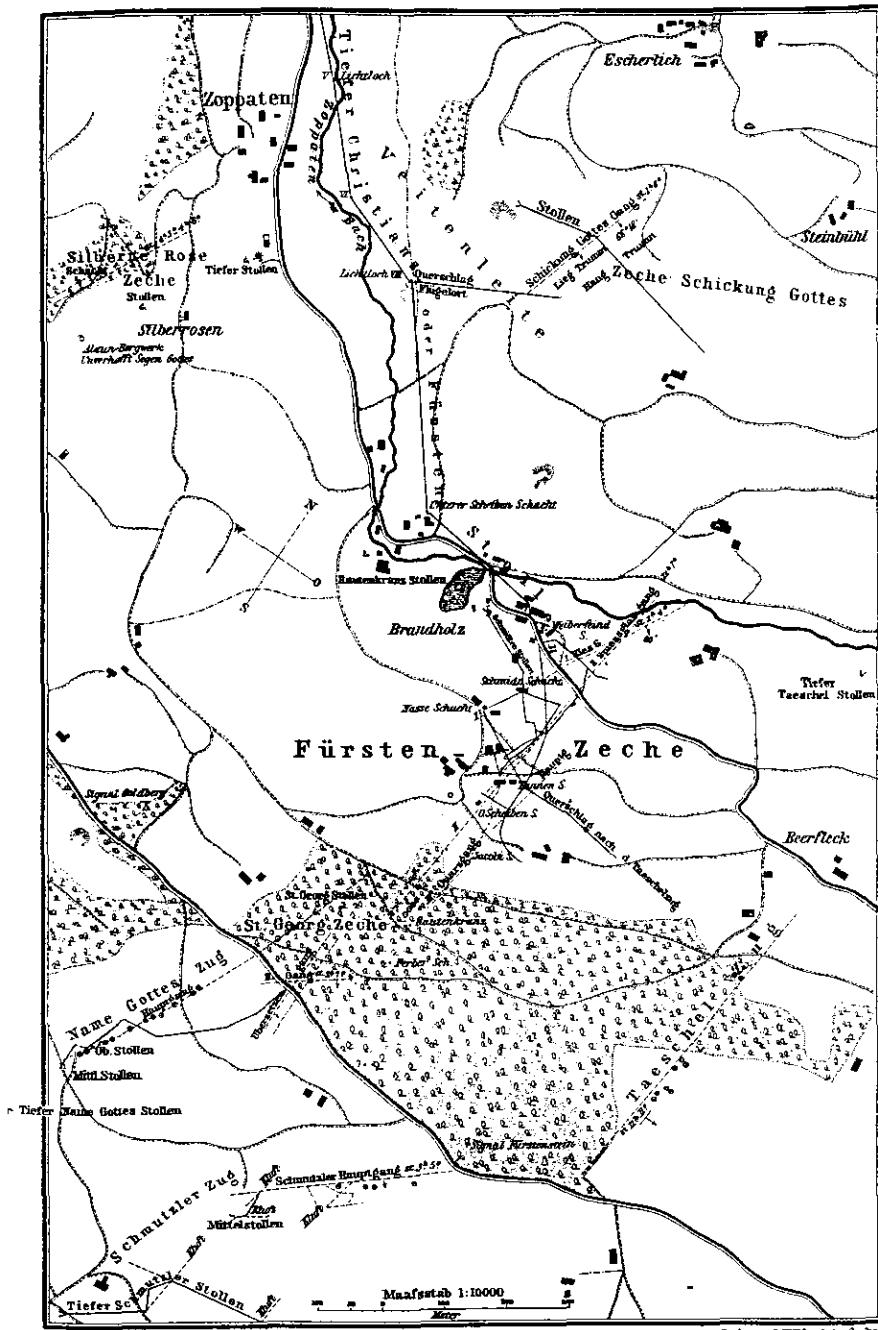


Abb. 1. Gold- und Antimonbergwerke bei Goldkronach. Übersichtskarte von GÜMBEL  
(1879: 387)

werkseinrichtungen verursachten unermeßlichen Schaden (SCHERBER 1797: 10–11).

Weniger Interesse am Bergbau als an der Schmelz- und Scheidekunst hatte Markgraf Johann mit dem Beinamen „Alchimist“, der von 1440 bis 1457 regierte. Er überließ die Bergwerke einigen Gewerken für ein Zehntel des Ertrages (KÖHL 1913: 26; BUSCHENDORF 1931: 43).

Auch unter der Regierung seines Nachfolgers Markgraf Albrecht I. konnte sich der Bergbau lange Jahre nicht erholen. Kriegerische Auseinandersetzungen führten im Land zu ähnlichen Zuständen wie bei den Einfällen der Hussiten. Um den Bergbau wieder zu beleben, belehnte er Adelige, Bürger, Beamte und Geistliche. Zusammen mit dem Landesherrn brachten sie das Kapital auf, wobei Nürnberger Kauf- und Finanzleute den Hauptanteil beisteuerten. In Goldkronach beuteten zwischen 1481 und 1483 vier Gewerkschaften die Zechen „Ostertagsgrube“, „Funtgrube“, „Alte Zeche“ und „Geppelzeche“ aus (HEINZ & GOTTFRIED 1965: 100).

1506 erließ Markgraf Friedrich IV. eine Bergordnung, worin die Bestimmungen aus dem Privilegium von 1365, Suchbriefe und Mutscheine betreffend, wiederholt wurden. Den Berggewerken wurde Holzfreiheit und sicheres Geleit zugesagt.

Bis in die zweite Hälfte des 16. Jahrhunderts hinein verhinderten Kriege und mehrfacher Führungswechsel im Fürstentum einen erfolgreichen und störungsfreien Bergbau. Außerdem fehlte es häufig an der rechten Leitung der Bergwerksbetriebe.

Markgraf Georg Friedrich (1557–1603) bemühte sich, dem Bergbau wieder Ansehen und Betriebsamkeit zu verschaffen. Zum Kennenlernen der Schmelztechnik schickte er verständige Bergleute und Handwerker nach Böhmen. Nach ihrer Rückkunft ließ er 1558 eine Goldmühle anlegen und auf dem Fürstenstollen von fremden Bergverständigen den Bergbau einrichten. Generalbefahrungen erfolgten 1586 (DÜRRSCHMIDT 1800: 129–131).

Die dem Bergstädtchen Goldkronach verliehene Bergfreiheit wurde 1572, 1582 und 1592 jeweils um 10 Jahre verlängert, ab 1593 der Bergbaubetrieb neu geregelt, die Zechen zwischen dem Fürsten, der Stadt Goldkronach und der neuen Berggesellschaft gewerkschaftlich aufgeteilt.

1594 richtete man in Goldkronach eine neue Schmelzhütte und am Zoppatenbach ein neues Pochwerk ein. Die Hoffnungen auf reiche Ausbeute erfüllten sich jedoch nicht (KÖHL 1913: 46, 51).

Am 26. 4. 1603 starb der Markgraf kinderlos. Vertragsgemäß wurde Prinz Christian, ein Sohn des Kurfürsten von Brandenburg, sein Nachfolger (SCHERBER 1797: 172). Auch er war um den Bergbau im Fürstentum besorgt, besonders um die Goldkronacher Gruben. Im Jahr 1607 ließ er den berühmten Probierer Marcell Heß zu einer Befahrung der Bergwerke kommen. Dessen umfangreicher Bericht befaßte sich mit der alten Gold- und Fürstenzeche, ihren Schächten und Stollen. Seinem Urteil nach waren die drei mächtigen Oberen Scheibenschächte alle miteinander „in Haufen zerbrochen“. Es gab fast keine Strecke oder Ort auf dem „Tiefen Stollen“, die, ähnlich wie beim Schmidtenstollen, nicht verstürzt waren.

Der Untere Scheibenschacht, wo jetzt alle Förderung gehalten wurde, war gleichfalls sehr krank, der „Tiefe Stollen“ abwärts bis zum Mundloch hatte aber noch keinen Mangel. Die Bergförderung und den Erz-, Waschwerk- und Wasser-Transport beschrieb er als umständlich und zeitraubend.

Er kommt zu dem Ergebnis, daß die vorhandenen Anbrüche kaum die Unkosten deckten (Löhne für 9 Häuer, 12 Knechte, 5 Jungen) und neue Anbrüche und schnelle Bergförderung gesucht werden müßten (STA BAMBERG C 9/VI 17305/6). In den darauffolgenden Jahren scheint sich der Zustand der Fürstenzeche gebessert zu haben.

Den Umfang der „Alten Gold- und Fürstenzeche am Goldberg zu Goldkronach gelegen“ kann man aus dem Voigt-Dresselschen Riß von 1614 ersehen (Abb. 2).

Bis 1632 blieb das Fürstentum Bayreuth von den Greueln des 30jährigen Krieges verschont. Nachdem sich aber Markgraf Christian dem Schwedenkönig Gustav Adolf angeschlossen hatte, wurde es ebenfalls zum Kriegsschauplatz. Städte und Dörfer im Bayreuther Land wurden ausgeplündert und eingeäschert. Zahllos waren die Verluste an Mensch und Tier, viele Bewohner verließen die zerstörte Heimat. Auch der Bergbau kam im Goldkronacher Revier völlig zum Erliegen, die Bergleute suchten sich anderweitig Arbeit. Bergmeister Abel hatte 1624 und 1631 Berichte über den Zustand der Gruben bzw. ihren Förderungswert in den vergangenen Jahrzehnten erstattet; einige Zeit später starb er an der Pest, die damals im Land wütete (STA BAMBERG C 9/VI 17310 I).

#### **4. Vom Ende des 30jährigen Krieges bis zum Ende der Markgrafenzeit, 1648–1792**

Erst Jahre nach Kriegsende konnte man sich wieder dem Bergbau widmen. Viele Berggebäude, Schächte und Stollen waren inzwischen zu Bruch gegangen und mußten allmählich wieder gangbar gemacht werden. Tüchtige, erfahrene Bergleute waren nötig. Bergverständige aus Annaberg, aus Tirol und Salzburg wurden geholt; als Fremde, ohne örtliche Kenntnisse, hatten sie aber nur geringe Erfolgsaussichten (DÜRRSCHMIDT 1800: 144).

Nach dem Tod des Markgrafen Christian 1655 konnte sein Enkel Christian Ernst erst nach Erlangung der Mündigkeit 1662 die Regierung übernehmen, die bis dahin sein Onkel Georg Albrecht versah (SCHERBER 1797: 208). Er setzte sich sehr für die Hebung des Bergbaus ein, versprach im Bergpatent 1662 große Freiheiten und gewährte offenes Schürfen. Bei einer zu gründenden Berggesellschaft sollten sich auch Ausländer beteiligen können, die Fürstenzeche und der Schmutzler sollten wieder eröffnet werden. 1666 befahl der Markgraf persönlich den Schmidtenstollen, der im Jahr vorher gangbar gemacht worden war, und man erhoffte einen baldigen erfolgreichen Bergbau auf der berühmten Zeche. Einige Jahre später war das Mundloch aber bereits wieder verstürzt.

1671 vermählte sich Christian Ernst in zweiter Ehe mit Sophie Luise (gest. 1702), was für den Bergbau von besonderer Bedeutung war, weil ihr der Markgraf wegen ihres großen Interesses sämtliche Bergrechte auf dem Gebirge verlieh (KÖHL 1913: 68–72).

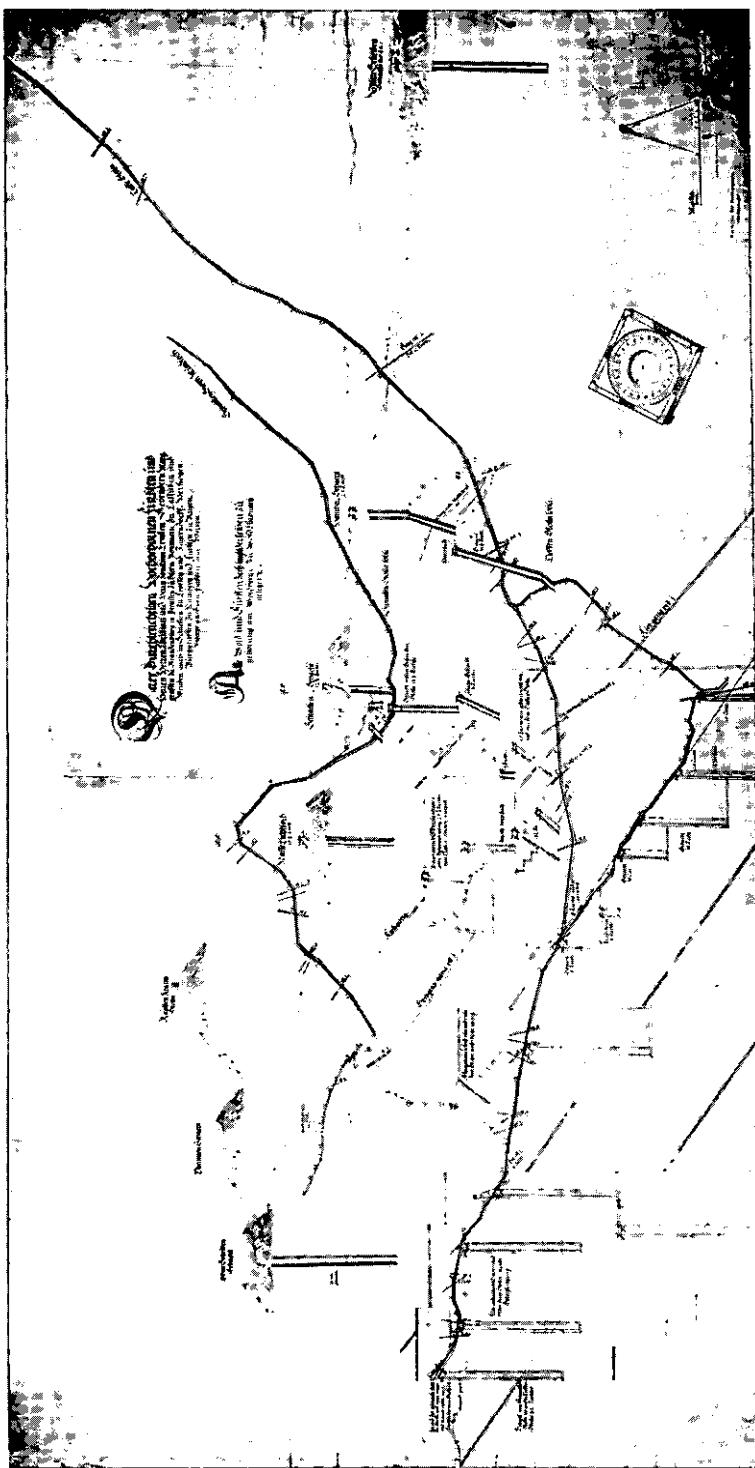


Abb. 2. Der Bergbau im Brandholz. Riß von Lazarus Voigt 1614. Schmidten-Stollen und Tiefer Fürsten-Stollen sind im Grundriß, die Schächte im Schnitt, der Kompaß in Stunden dargestellt. Höhe 85 cm Breite 160 cm (Dt. Museum München).

Gute Vorschläge erfahrener in- und ausländischer Fachleute, die der Markgraf gerufen hatte, befolgte sie aber wegen mangelnder Geduld bei mäßigem Sachverstand meist nicht, als sie den Bergbau fördern und neue Fundstätten rasch erschließen wollte. Obendrein huldigte sie der Goldmacherei und fiel auf einen betrügerischen Bergdirektor herein, für den sie im herrschaftlichen Schloß in Heinersreuth bei Bayreuth ein kostspieliges Laboratorium hatte einrichten lassen. Dazu kam ein häufiger Wechsel der Bergräte, die oft bald nach der Einstellung in Ungnade fielen und wieder entlassen wurden (SCHERBER 1797: 224–225).

So stand es um den Bergbau im Fürstentum in den letzten Jahrzehnten des 17. Jahrhunderts nicht gut. Man träumte von ehemaligen Gold- und Silbergängen in der Fürstenzeche, wie der alte Bergmann Conrad Kretzer in Zoppaten, der als Zehnjähriger vor 1632 im Schmidtenstollen gearbeitet hatte. Er erinnerte sich an ein Erlebnis mit Bergmeister Abel, der damals kurz vor seinem Tod einen Erzgang gefunden hatte. Der Schulmeister und Gerichtsschreiber von Goldkronach Paul Schmid erfuhr davon und schrieb sofort am 28. 10. 1680 einen ausführlichen Bericht an den Markgrafen. Christian Ernst gab darauf am 10. 2. 1681 an Provinzschreiber Renninger auf der Plassenburg, Klosterverwalter Schaumann in Hof, ehemaligem Vogt von Goldkronach, und Kammer-Rat Mösch aus Bayreuth entsprechende Anweisungen (STA BAMBERG C 9/VI 17309).

Ob die Wiedereröffnung des Schmidtenstollens im Jahr 1684, der 1690 bis an einen alten Schacht aufgewältigt war, mit Schmids Bericht in Verbindung gebracht werden kann, ist nicht erwiesen, doch wahrscheinlich, da überraschenderweise die Fürstenzeche in der Aufstellung zum Quartal Crucis 1695 als Ausbeut-Zeche geführt wurde (STA BAMBERG C 9/VI 17307/8), und für 128 Kuxe eine Leistung von 336 Talern je Quartal erbrachte. Dies war für Bergauptmann von BOTHMER (1786: 82) „höchst merkwürdig“ und DÜRRSCHMIDT (1800: 147) „höchst auffallend“, da der Bergverständige Beutner 1684 in einem Gutachten die Goldkronacher Goldzeche bereits für abgebaut und nicht mehr bauwürdig erklärt hatte (KÖHL 1913: 73).

In diesem Jahr, so bemerkten beide, habe man aus dem Erz des Schmidtenstollens Gold geschmolzen und daraus Doppeldukaten geschlagen. (Abb. 7)

Im ersten Jahrzehnt des 18. Jahrhunderts muß der Schmidtenstollen vom Mundloch her verfallen gewesen sein, denn der „Schmidtenweiher“ wurde in einem Plan, August 1707, als herrschaftlicher Forellenweiher (STA BAMBERG 275 R 593) (Abb. 8) bezeichnet und dem Müller „nach immediater Resolution v. 15. 8. 1707“ (unmittelbarer Besluß der höchsten Landesbehörde) das Recht zu mahlen erteilt. Als man 1736 den Schmidtenstollen vom Mundloch her neu eröffnen wollte, mußte man wegen des herrschaftlichen Forellenweihers seitlich einen neuen Stollen graben (BOTHMER 1786: 83–84).

1712 starb Markgraf Christian Ernst. Sein Sohn Georg Wilhelm zeigte großes Interesse am Bergbau. Die Bergordnung von 1619 ließ er neu drucken, 1717 trennte er die Bergämter Goldkronach, Naila und Wunsiedel. Die Bergfreiheiten wurden bestätigt und erweitert. Er gründete eine Berggesellschaft, in der seine Minister, Räte und Untertanen „nach Würde und Vermögen“ zur Eröffnung der Bergwerke beitragen mußten. In einem Verzeichnis erschienen alle gewerkschaftlichen Zechen des Goldkronacher Reviers. 1721 entstanden Markscheider-Risse von Beuyel (STA BAMBERG 673 R 48) und eine Karte mit den

Bergwerken um Goldkronach von Trommler (STA BAMBERG 240 R 534) mit gleichlautenden Anmerkungen, später Risse von einzelnen Gruben. 1726 starb Markgraf Georg Wilhelm, seine Nachfolger waren Georg Friedrich Karl (1726–35) und Friedrich (1735–63). Eine 1740 durchgeführte Generalbefahrung, an der die Bergmeister Ullmann, Heupel und Löwel teilnahmen, ergab ein düsteres Bild vom Bergbau im Goldkronacher Revier (KRETSCHMANN 1741: 1276–1291). Die meisten Gruben lagen „im Freien“, waren also nicht belegt oder zu Bruch gegangen. Das herrschaftliche Pochwerk war baufällig, der Schmidtenstollen nur teilweise gangbar. Der ab 1741 als Bergdirektor amtierende Daniel v. Superville war nicht in der Lage, eine Besserung im Bergwesen herbeizuführen. Als gangbare Zechen wurden 1759 der Schmutzler, der zwei Jahre zuvor von zwei Eigenlöhnnern in Angriff genommen worden war, Ritter St. Georg und Name Gottes bezeichnet (DÜRRSCHMIDT 1800: 154–155).

Nach dem Tod des Markgrafen Friedrich 1763 folgte sein Onkel Friedrich Christian in der Regierung als letzter Markgraf der Bayreuther Linie. Er starb aber schon 1769, und nach dem Reichs- und Hausgesetz war Markgraf Alexander von Ansbach der Nachfolger (KÖHL 1913: 104). Dieser versprach 1769 in seinem Bergpatent allen Gewerken große Freiheiten mit der neuen Bergordnung. Sie erschien 1771 und wurde durch zwei Resolutionen ergänzt. Für alle Bergwerksangelegenheiten sollte in Zukunft das „Oberberg-Departement“ zuständig sein.

1770 hatte man, nachdem der alte Schmidtenstollen 1764 wieder eröffnet worden war und die Wasserseite wie früher in den Schmidtenweiher ging, etwa 100 Lachter aufgewältigt und „*hie und da aus den Altungen und etlichen Trümmern etwas Spiesglaserz gewonnen*“ (BOTHMER 1786: 84). Diese geringe unbefriedigende Ausbeute veranlaßte Bergkommissär Schönauer, den weiteren Fortgang der Bergbauarbeiten 1773 und 1774 neu zu planen, nämlich den Schmidtenstollen „*zur Lösung der vorliegenden Gänge und der oberhalb der Altungen gebliebenen ganzen Mittel weiter als jemals ins Feld zu treiben*“. Der Plan wurde vom Oberberg-Departement genehmigt, aber erst 1783 bezuschußt (BOTHMER 1786: 85).

Schönauer begann seinen Plan auszuführen, wählte den westlichen Weg, um den Altungen auszuweichen, mußte aber 1784 wegen geschwächter Gesundheit die Leitung an Berghauptmann von Bothmer übergeben. Dieser war zwar grundsätzlich mit Schönauers Plan einverstanden, dessen eingeschlagener Weg hatte aber Zeit und Geld gekostet. So versuchte er, mit geändertem Plan, das gleiche Ziel im südlichen Feld zu erreichen. Im Bereich des Ferberschachts gab es aber Schwierigkeiten durch unterschiedliche Meßergebnisse von Bergkommissär Knieling und Obersteiger Scherber, die von Bothmer in „*Risse von der Fürstenzeche u. Taeschelzug 1789/90*“ offenlegte (STA BAMBERG T 274, T 299).

Da der Hausvertrag der Hohenzollern von 1752 bei Kinderlosigkeit der fränkischen Linien eine Vereinigung mit Preußen vorsah, leitete 1790 Markgraf Alexander bereits die Vorverhandlungen zur Abtretung seiner beiden Fürstentümer an Preußen in Berlin ein, die dann 1791 erfolgte (KÖHL 1913: 115).

### 5. Preußische Zeit 1792–1806

Freiherr von Hardenberg nahm die beiden Fürstentümer für den König von Preußen am 28. 1. 1792 in Besitz. Im Bergwesen begann die neue Herrschaft mit der Ernennung Alexander von Humboldts (Abb. 3) zum Oberbergmeister. Dieser hatte vorher nach einer Generalbefahrung einen umfangreichen Bericht über den Zustand des Bergbaus und Hüttenwesens in den Fürstentümern Ansbach und Bayreuth erstattet, der bei den Ministern höchste Anerkennung fand (KÜHNERT 1960: 94).

Am 27. 8. 1792 schrieb Humboldt in einem Brief an Carl Freiesleben: „Ich bin gestern zum königl. Oberbergmeister in den beiden fränkischen Fürstentümern



Abb. 3. Alexander von Humboldt 1805. Radierung. (HEIN 1985: 79).

*ernannt worden. Ich habe mit meinen Grubenberichten so viel Ehre eingelegt, daß ich die alleinige Direktion des praktischen Bergbaues in den drei Bergämtern Naila, Wunsiedel und Goldkronach erhalten habe. Alle meine Wünsche sind nun erfüllt. Ich werde nun ganz dem praktischen Bergbau und der Mineralogie leben“* (JAHN & LANGE 1973: 209–210).

Wegen anderer Verpflichtungen konnte Humboldt seinen Dienst in Franken erst am 1. 6. 1793 antreten. Intensives Studium alter Bergwerksakten, die er von der Plassenburg ins Bergamt Goldkronach hatte bringen lassen (JAHN & LANGE 1973: 383–385), die 1792 durchgeführte Generalbefahrung und sein enger Kontakt mit ortskundigen, erfahrenen Männern wie Oberbergrat Tornesi, Oberbergsekretär Ullmann, Berggeschworenem Killinger und Obersteiger Scherber erschlossen ihm die so interessante Fürstenzeche und ermöglichen eine baldige genaue Planung für einen erfolgreichen Bergbau.

Um häufig in den Gruben, immer dort, wo die Arbeit es erforderte, anwesend sein zu können, wählte er nicht einen bestimmten festen Wohnsitz, sondern Quartiere in den einzelnen Revieren, zum Beispiel auch in Goldkronach und Goldmühl (Abb. 4).

Regelmäßige Grubenberichte des Obersteigers und Betriebsberichte des Berggeschworenen informierten Humboldt über den Fortgang der Arbeit und gaben ihm Gelegenheit, durch Anweisungen Einfluß zu nehmen (JAHN & LANGE 1973: 288–290; STA BAMBERG C 10/I 985).



Abb. 4. Wohnhaus A. v. Humboldts in Goldmühl 1994 (erbaut 1769).

Sein Ziel war, möglichst große Mengen von goldführendem Gangmaterial zu fördern, es getrennt nach Fundort zu stürzen und den jeweiligen Goldgehalt zu bestimmen, um die Rentabilität feststellen zu können. Der Arbeitseinsatz hätte sich dann nach der Güte der Erzproben zu richten.

Zur raschen Feststellung des Gehalts der Gänge war eine Probieranstalt am Ort unbedingt erforderlich. Humboldt bemühte sich beim Oberbergdepartement mit Erfolg um die Genehmigung einer solchen Einrichtung in Goldkronach durch das Versprechen, die Kosten niedrig zu halten. Bergakademist Killinger besorgte Probiergewichte in Berlin und Probierinstrumente bei der Bayreuther Münze. Um Kosten zu sparen, stellte Humboldt seine eigene Probierwaage zur Verfügung, und Killinger nahm die Probierstube in seine Wohnung (STA BAMBERG C 9/VI 18000).

Ein weiteres Ziel Humboldts war, den geringen Bildungsstand der Bergleute zu heben, besonders die ihnen fehlenden Grundkenntnisse zu vermitteln. Das konnte nur in einer Schule geschehen, die junge und auch ältere Bergleute besuchen konnten. Er traf entsprechende Vorbereitungen, die Arbeitsmittel, Lehrerauswahl und den Unterrichtsraum mit Einrichtung be treffend. Im November 1793 eröffnete er diese Schule, die er am 13.3.1794 als Königl. freie Bergschule Steben dem Oberbergdepartement anmeldete. Bis 1802 wurde der Unterricht in einem großen Zimmer des Lehrers Spörl erteilt, ab 1803 im neuerrichteten Bergamtsgebäude von Steben (MÜLLER 1987: 284, 287).

In Goldkronach wurden Bergzöglinge in höherer Mathematik und Markscheidekunst in den Jahren 1804 und 1805 ausgebildet in Vorbereitung für die Bergakademie in Freiberg (MÜLLER 1987: 290).

Zum Bergbau bemerkte Humboldt in seinem letzten Generalbefahrungsbericht 1795, „*Die Fürstenzecher F[un]dgr[ube] steht dermalen in guten Anbrüchen und die Comptabilität bei dem Betriebe derselben, d. i. die Selbstkosten von 1 Ct. Gänge, verglichen mit dem inneren Werthe derselben, ist zu einer Höhe gestiegen, die nicht mehr fürchten läßt, unsichere Schritte zu thun*“ (STA BAMBERG C 9/VI Bd. 9/10 17167; HEIN, ARNOLD & ZÜRL 1993: 168).

Humboldt riet, immer nur für die nächste Zukunft zweckmäßig mit festen, bekannten Unterlagen zu planen, keine zu hohen Erwartungen zu haben, „*nichts von der Natur zu erzwingen, was sie nicht leisten kann*“ und „*kleine Amalgamationsversuche fortzusetzen*“.

„*Unvorsichtig schiene es, Aufbereitungsmaschinen, Röstöfen p [=usw] zu bauen, ehe man weiß, auf welche Weise sich die Fürstenzecher Erze am leichtesten zu gute machen lassen. ... Man baue daher solche Aufbereitungsmaschinen, welche, man möge Schmelzen oder Amalgamiren, immer erforderlich sind. ... Vor steinernen Gebäuden muß man sich fürs erste bei der Fürstenzeche sehr hüten.*“ (STA BAMBERG C 9/VI Bd. 9/10 17167; HEIN, ARNOLD & ZÜRL 1993: 169–170)

Berggeschworener Killinger wurde 1796 zum Vizeoberbergmeister ernannt und als Oberbergamtsverweser Nachfolger Humboldts. Im gleichen Jahr wurden die

beiden Bergämter Goldkronach und Wunsiedel vereinigt und erhielten die Bezeichnung „Combinirtes Bergamt Wunsiedel und Goldkronach“.

Zur Bewältigung der von Humboldt erteilten Ratschläge, die Zukunft der Fürstenzeche betreffend, waren umfangreiche Maßnahmen erforderlich. Tausende von Zentnern gewonnener Erze warteten auf ihre Aufbereitung: Ein Pochwerk sollte am Waschplatz errichtet werden, zum Rösten der Erze war ein entsprechender Ofen zu bauen, auch an eine Erzmühle war zu denken.

Die Vorbereitungen zum Bau dieses Pochwerks begannen bereits 1798; 1800 war es betriebsbereit. Eine auf der Fürstenzeche abgehaltene Generalbefahrung wurde am 26. 6. 1801 von der kgl. Pr. Kriegs- und Domänenkammer positiv beurteilt. Die getroffenen Bestimmungen über separate Erzförderung, Aufstürzung, Aufbereitung und Feuerproben wurden gutgeheißen. Alle getroffenen Anordnungen, den Bau des Erz-Röstofens betreffend, wurden genehmigt, die Abnahme des Baues angekündigt. Mit dem Plan für die Erzmühle war man einverstanden. Auch alle Bestimmungen und Anordnungen des Kammer-Kommissars für die Probier-Anstalt wurden genehmigt (STA BAMBERG C 9/VI 17876).

In Berlin war man stolz auf die Prägung eines Golddukaten mit der Aufschrift „Feines Gold aus der Fürstenzeche 1803“ (Abb. 9).

Bei einer Besichtigung der Fürstenzecher Wäsche am 23. 4. 1803 führten die Ermittlungen über die vorgenommenen Wäscharbeiten zu höchst mäßigen Ergebnissen in bezug auf Leistung und Methode. Markscheider Grund, dem man aufgetragen hatte, seine Ideen über die Aufbereitung zu äußern und einen Plan für das weitere Vorgehen zu entwerfen, wurde die „spezielle und ernstlichste Sorgfalt für die Leitung der Aufbereitungsarbeiten dringend anbefohlen. Man hoffe, daß er sich den ferneren Versuchen der zweckmäßigsten Aufbereitungs-Methode mit angestrengtem Eifer widmen werde“. (STA BAMBERG C 9/VI 17877)

Anscheinend war man mit dessen Leistungen weiterhin nicht zufrieden; denn er erhielt am 25. 11. 1803, zu dieser Zeit in Steben, vom Oberbergmeisteramt Goldkronach folgenden Brief (STA BAMBERG C 9/VI 17877 Schreiben Nr. 182):

*„Bey der so eben abgehaltenen General Befahrung der hiesigen Refier wurde von dem königl. Departements Rath Freyherrn von Heynitz die gänzliche Einstellung der Fürstenzeche so wie die Nachbargänge der seit der von dem Königl. Markscheider Grund geschehenen Aufnahme dieser Gruben betriebenen Baue bestimmt.*

*Da nun die meisten Baue einer starken und schleunigen Reparatur bedürfen und mehrere derselben dem Zusammenbrechen nahe sind, so wird der Königl. Markscheider Grund andurch beauftragt, so bald als möglich behufs dieses Geschäftes hierher zu verfügen, um die aufzuwendenden Unterhaltungskosten dieser Grube ersparen zu können.*

Goldcronach, am 25. Nov. 1803

O. B. Amt Killinger“

Der letzte Befehl von der Königl. Preußischen Kriegs- und Domänen Kammer lautet (STA BAMBERG C 10/I 930 Schreiben Nr.183):

*„Bayreuth, den 6. August 1806*

*Von Gottes Gnaden, Friedrich Wilhelm, König von Preußen etc. etc.*

*Wir befehlen euch, ungesäumt die Generalbefahrungen in der Goldcronacher und Wunsiedler Refier vorzunehmen, da vordringlicher Geschäfte wegen der Departements Rath in Bergwerks Angelegenheiten diesmal dazu nicht deputirt werden kann. Die Resultate der General Befahrungen habt ihr Unserer Kammer seiner Zeit mit Bericht vorzulegen.*

*Schlupper“*

## 6. Unter französischer Herrschaft 1806–1810

Im Krieg zwischen Preußen und Frankreich wurde das Fürstentum Bayreuth am 7. September 1806 besetzt. In Bezug auf den Bergbau geschah in den nächsten Jahren nichts Entscheidendes. In einem Bericht des Intendanten der Provinz, General Baron de Tournon, an Napoleon wird der Bau auf Gold und Silber als wenig erfolgversprechend bezeichnet. Es seien nur noch wenige halbverschüttete Stollen vorhanden; einige Bergleute hätten aber wieder angefangen.

In dieser Zeit wurde im Goldkronacher Revier von Privatinteressenten der einzige Antrag an das Bergamt mit der Bitte um „Muthung und Belehnung auf der Schmidtenhalde auf Antimon“ am 30. Oktober 1809 gestellt (TOURNON 1900: 75). Die französische Herrschaft endete am 28. Februar 1810 mit der Abtretung des Bayreuther Gebiets an Bayern.

## 7. Bayerische Zeit 1810–1864

Anträge von Eigenlöhnnern erfolgten erst 1815 unter Königl. Bayerischer Regierung und wurden 1817 bestätigt (STA BAMBERG K 604 310). 1818 verfaßte der Berggeschworene Reuter zu Goldkronach den „Aufstand über das Antimonial-Bergwerk, die Silberne Rose genannt“ und bat um Teilnahme an diesem neuen Unternehmen (STA BAMBERG K 604 314).

Vor der offiziellen Wiederaufnahme des Bergbaus im Goldkronacher Revier 1828 wurde das Bergamt Wunsiedel von der Kgl. General Bergwerk und Salinen Administration München am 3. 6. 1826 aufgefordert, u. a. ein Gutachten über die Inbetriebnahme der Gold- und Fürstenzeche abzugeben (STA BAMBERG K 604 315).

Bei der Begehung zur Wiedereröffnung des Tiefen Fürstenstollens durch Oberberg- u. Salinen-Rat Scheftlmayer, Bergamtsverweser Schmidt und Rev. Obersteiger Sell am 30. 9. 1827 sollte an Ort und Stelle geprüft werden, inwiefern die Aufgewältigung des Tiefen Fürstenstollens in der ersten Hälfte seiner Länge reine „Spiesglanz“ (Antimonit)-führende Gänge aufzuschließen vermöge. Er müsse auch als Erbstollen für die Gruben „Silberrosen“, „Schickung Gottes“ und

„Fürstenzecher Trümmer“ dienen. Das umfangreiche Protokoll schloß mit der Empfehlung der Wiedergewältigung und mit einem Kostenvoranschlag für notwendige Baumaßnahmen, wie Vorrichtung der Tagerösche mit Ausmauerung des Stollens am Mundloch und Gewältigung des Stollens. Als Aufsicht bestimmte man den Steiger Wehrmann aus Goldkronach (STA BAMBERG K 604 315).

Die Wiedergewältigung des Tiefen Stollens (auch Christiansstollen) begann im IV. Quartal 1827/28. Regelmäßige Grubenberichte Wehrmanns an das Bergamt Wunsiedel zwischen 1831 und 1833 geben Aufschluß über den Fortgang der Arbeit im Stollen. Eine Befahrung mit Freiherrn von Gumpenberg (Kommissar), Bergamtsverweser Schmidt und Einfahrer Markscheider Sell erfolgte am 13. 9. 1832 im Bereich des Unteren Scheibenschachtes (STA BAMBERG K 604 327/I).

Die von der Kgl. General-Bergwerks- und Salinen-Administration am 3. 10. 1830 angeordnete Markscheideraufnahme des „Tiefen Christiansstollens“ mit den anliegenden Grubengebäuden „Schickung Gottes“, „Silberne Rose“, „Silberleiten“ und „Fürstenzeche“ enthält 347 Meßpunkte und zahlreiche begleitende Skizzen und Erklärungen (STA BAMBERG K 604 316). Der Stollen diente der Wasserlösung zum Abbau der Gänge in den genannten Grubenteilen.

Eine große Veränderung für den Bergbaubetrieb in Brandholz verursachte die verheerende Feuersbrunst in der Nacht vom 24. zum 25. 6. 1836, bei der die halbe Stadt Goldkronach ein Raub der Flammen wurde. Auch das Haus des Hammerwerksbesitzers Heydenreich von Röhrenhof, das an der Stelle der jetzigen Bäckerei Konrad Beck am Marktplatz stand, brannte völlig nieder (STA BAMBERG L 34. Nr. 3 Fol. 107; KISSLING 1995).

Das Gebäude hatte bisher die Funktion eines Zechenhauses inne, mit Steigerwohnung, Zechenstube, Erzlager und Gezähraum. Kgl. Steiger Röde wurde einstweilen bei Schmiedemeister Hoffmann in Goldmühl untergebracht, etwa 20 Ztr. ausgesagiertes Antimon und das Bohrgezäh (Werkzeug) konnten großenteils sichergestellt werden (STA BAMBERG K 604 327/I).

Nun mußte an die Errichtung eines neuen Zechenhauses gedacht werden. Es sollte gut erreichbar sein und möglichst nahe beim Bergbauzentrum liegen. Als günstiger Bauplatz bot sich die große Halde beim „Unteren Scheibenschacht“ in Brandholz an. Hier stand bereits die geräumige, aus Holz gebaute Kause, in der auf der Spiesglanzzeche „Schickung Gottes“ gewonnenes Antimon gelagert wurde. Nach Planierung war es durchaus möglich, neben einem Zechenhaus weitere Nebengebäude zu erstellen.

1838 errichtete man das ergeschossige Gebäude mit zwei Erzgewölben im Untergeschoß, vorgesehen für Zechenstube, Steigerwohnung, Lager für Erze und Gezäh. Im gleichen Jahr entstand die Schmelzhütte mit zwei von der Straße zugänglichen Erzgewölben im Untergeschoß, zwischen dem Zechenhaus und der Kause ein Nebengebäude, bestehend aus Holzlege, Wagenremise, Kutscherschube und Waschküche (Abb. 5). Im Etatsjahr 1838/39 wurde die in einem „ruinösen Zustand“ sich befindende alte Kause über dem Scheibenschacht durch eine neue, gemauerte ersetzt. 1839/40 wurde der „Untere Scheibenschacht“ auf 9 Lachter Saiger-Teufe ausgemauert. 1842 erhielt die Kause einen Glockenturm (STA BAMBERG K 604 327/I).



Abb. 5. Unterer Scheibenschacht. 1953. – 1: Bergamtsgebäude, 2: Schmelzhütte, 3: Kaeu, 4: Nebengebäude.

Nach der Übernahme der Spiesglanzzeche Schickung Gottes 1831 ging auch die Spiesglanzzeche „Fürstenzecher Trümmer“ 1837 in staatlichen Besitz über, nachdem schon 1833 die Grube von den Gewerken zum Verkauf angeboten worden war (STA BAMBERG K 604 313, 317).

Die Halde der Grube, die „Schmidtenschacht-Halde“, erfuhr durch Zukauf 1837 und 1839 eine bedeutende Vergrößerung, die zum Teil als Erzsturzplatz genutzt wurde. Pläne von 1837, 1839 und 1846 (Abb. 6 a, b, c) mit der Schachtkaue und der Zimmerkaue zeigen die Entwicklung (STA BAMBERG K 604 318).

Ein „Grund-, Seiger- und Quer-Riß über die Spiegglanz Zeche Fürstenzecher-Trümmer“ von Christian Schmidt aus dem Jahr 1844 und eine Beschreibung der Längen von Stollen, Tageschächten, Gesenken und Streckenbauten und der Spiegglanz-Gangtrümmer der Fürstenzecher Grubengebäude lassen den Umfang dieses Bergbauunternehmens erkennen (SPENGLER 1911: Anhang).

Ein Befahrungsbericht, im September 1850 von Markscheider Christian Schmidt und Einfahrer Carl Hahn erstellt, befaßte sich vor allem mit den goldhaltigen Kiesgängen in der südlichen Abteilung der Fürstenzeche. Er enthielt auch den Hinweis auf mehr als 7000 Ztr. kiesführender Pochgänge (zum Pochen vorbereitetes Quarzmaterial), die aufgestürzt auf der Halde

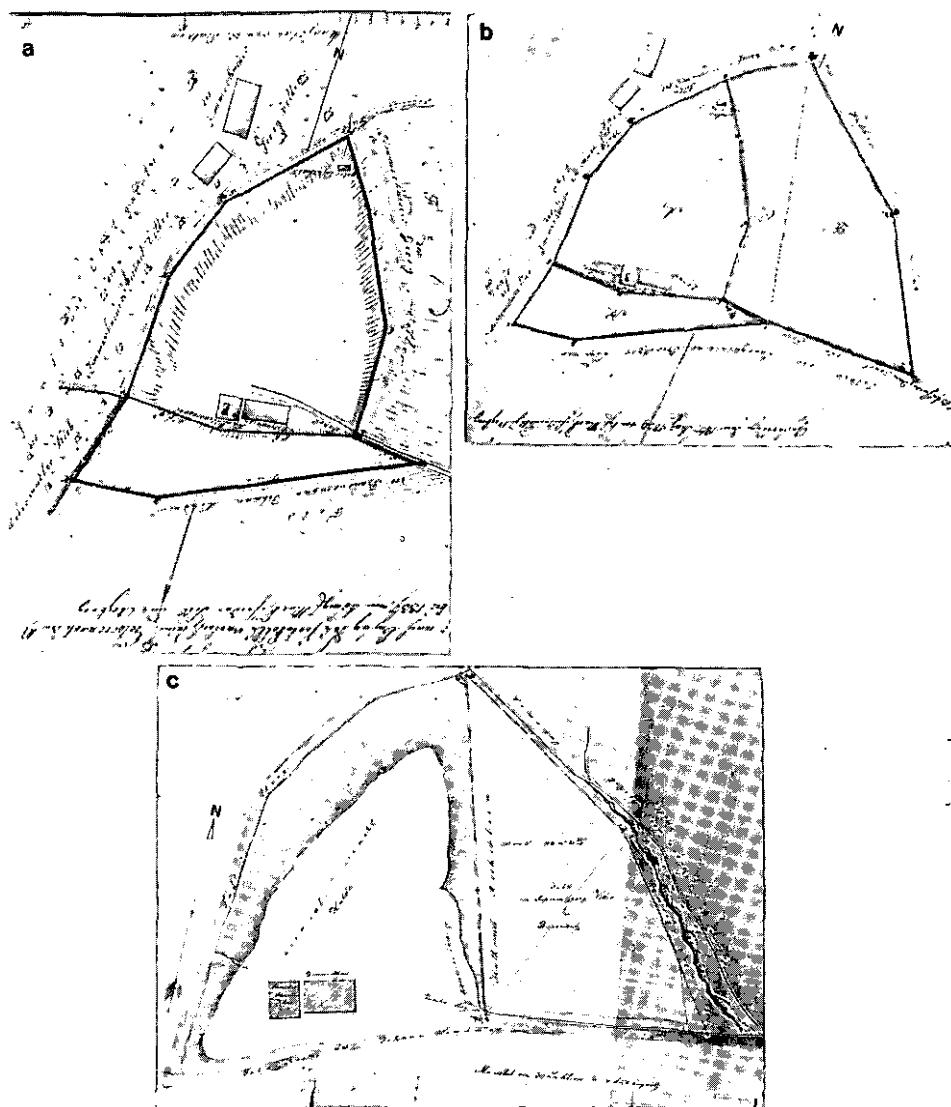


Abb. 6. Schmidenschacht-Halde a) 1837 b) 1839 c) 1846 (STA BAMBERG K 604 318).

des Schmidenschachtes, genau auf den Gehalt an edlen Metallen untersucht werden müßten. Das gleiche gelte für die auf Halde aufgestürzten Ausschläge (ausgesondertes unbrauchbares Gangmaterial) kiesig-antimonialischer Erze, deren Gehalt an Gold und Silber bekannt sei (STA BAMBERG K 604 327/VI). In diesem Fall waren die Ausschläge wohl durch Verwachsungen unbrauchbar, und man war mit den damaligen Methoden noch nicht in der Lage, das Erz weiterzuverarbeiten.

Es war nun dringend geboten, nach genauer Untersuchung Einrichtungen zu schaffen, um die geförderten Erze aufbereiten zu können. Entsprechende Betriebs-

vorschläge des kgl. Berg- und Salinenpraktikanten Hahn, betreffend die „*notwendigen Ausrichtungsarbeiten im mittäglichen Felde der Fürstenzeche und andere wichtige Arbeiten*“ folgten am 25. 4. 1851.

Ablehnende Verfügungen der Kgl. General Bergwerk und Salinen Administration vom 14. 6. 1851 beim Bergamt Wunsiedel veranlaßten den Amtsvorstand zu einer Besprechung mit Hahn am 28. 6. 1851 im Zechenhaus Brandholz. Wichtige Feststellungen aus dem zugehörigen Protokoll (STA BAMBERG K 604 327/VI):

1. Es ist nachgewiesen, daß nach den guten Ergebnissen der Untersuchungsarbeiten bei zweckmäßiger Organisation die erstellten Pläne realisiert werden können.
2. Der Vollzug der höchsten Verfügungen schneidet dem hiesigen Bergbau die Fähigkeit ab, sich selbst zu erhalten.
3. Die Verfügungen wären bei vorheriger Wahrnehmung der Zustände an Ort und Stelle anders ausgefallen.
4. Ein zweckmäßig eingerichtetes Poch- und Waschwerk ist unbedingt notwendig, der Bau müßte unverzüglich veranlaßt werden.
5. Das wiederholt angeregte Eintreffen einer höchsten Bergwerks-Commission ist dringendes Bedürfnis.

Sein besonderes Interesse am Goldkronacher Goldbergbau bekundete König Maximilian II. am 9. 7. 1851. Er weilte mit Königin Maria zwei Stunden am Unteren Scheibenschacht, bevor er seine Reise über Berneck nach Wunsiedel und Alexandersbad fortsetzte (AUHINGER 1860/61: 39–41).

Nach dem Besuch des Königs im Zechenhaus zu Brandholz verbesserte sich die dringend geforderte Unterstützung des hiesigen Bergbaus durch die Kgl. General Bergwerk und Salinen Administration grundlegend.

Am 25. 2. 1852 hielt Hahn in seinen Betriebsvorschlägen ein Wiederaufgreifen der „Namen Gotteser Baue“ („Name Gottes“) für erstrebenswert, damit der regelmäßige und ununterbrochene Gang von Aufbereitungswerkstätten und Schmelzhütten sichergestellt werden könnte. Dabei erinnerte er an die Vorschläge, die Berghauptmann von Bothmer 1786 gemacht hatte (STA BAMBERG K 604 327/VII).

Die Münchener Behörde ordnete darauf am 17. 4. 1852 u. a. an, die Aufgewältigung der Altungen mit Umsicht planmäßig fortzusetzen, Erzabbau vorzubereiten, die Strecke gegen den Göpelschacht fortzutreiben, die alten Zechen „Namen Gottes“, „Ritter St. Georg“ u. a. zu untersuchen und auszurichten sowie die Hauptstrecke in der südlichen Abteilung fortzusetzen (STA BAMBERG K 604 327/VIII).

Der ausführliche Betriebsrapport Hahns vom 30.6.1852 bezog sich auf die Gruben „Schickung Gottes“ und „Fürstenzeche“ sowie auf verschiedene Betriebsarbeiten.

Die Belegschaft auf der Zeche „Schickung Gottes“ bestand aus 2 Häuern und 10 Förderleuten, auf der „Fürstenzeche“ aus 1 Steiger, 1 Aufseher, 5 Zimmerleu-

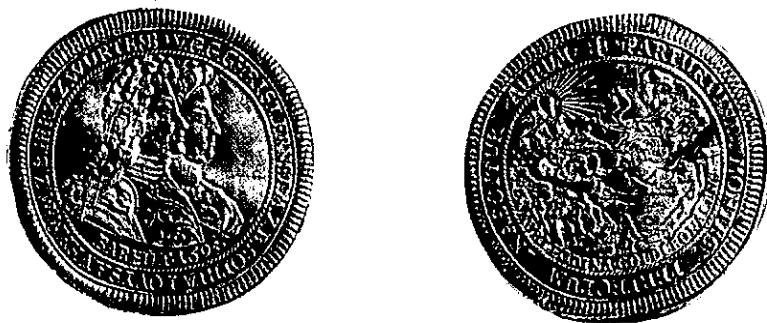


Abb. 7. Ausbeute-Doppeldukat von 1695. Durchmesser 27 mm. Links Vorderseite, rechts Rückseite. Sammlung PREUSSAG Hannover. Foto Müseler.

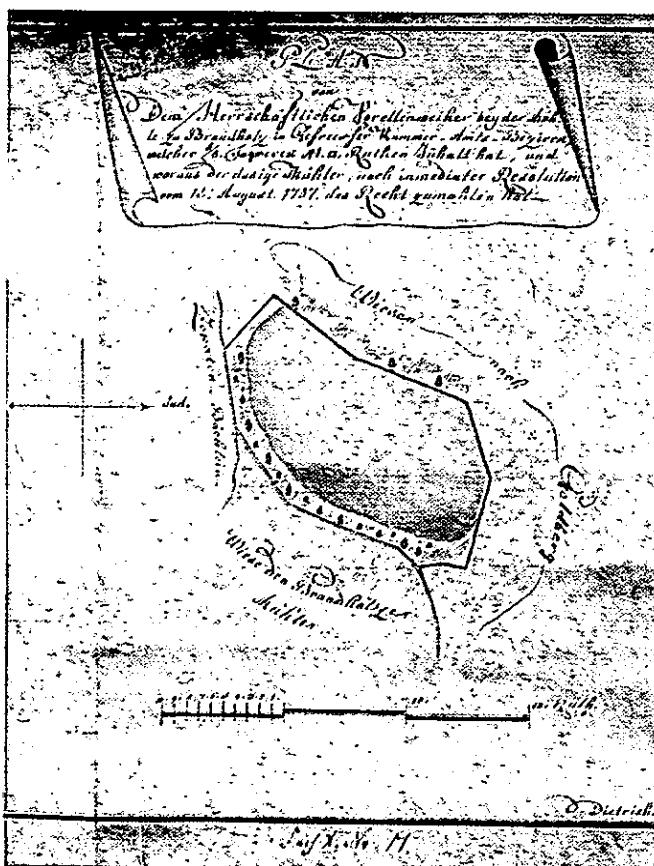


Abb. 8. Grundriß des Schmidtenweiher. Herrschaftlicher Forellenweiher.  
(STA BAMBERG 275 R 593).



Abb. 9. Ausbeutedukat von 1803. Durchmesser 22 mm. Links Rückseite, rechts Vorderseite. Münzkabinett Berlin.

ten (für beide Gruben zuständig), 1 Häuer, 2 Lehrhäuern, 16 Förderleuten, Jungen, wovon mehrere Häuerdienste verrichteten.

Die Natural-Rechnung ergab folgendes (STA BAMBERG K 604 327/VIII):

Zechen	Fürstenzeche	Schickung Gottes
<i>Vorrat an Erzen:</i>		
Scheidegänge	151 Ztr.	179 Ztr.
Pochgänge	19718,5 Ztr.	483 Ztr.
Scheideerze	226,96 Ztr.	
goldhaltige Scheideerze	110 Ztr.	
Setzerze	10 Ztr.	
<i>Produkte:</i>		
Antimonium Crudum		58,34 Ztr.

In der Tabelle ist von oben nach unten immer höherwertigeres Erzmaterial angegeben. Scheidegänge: zur Handscheidung vorbereitetes Material, Scheideerze: durch Handscheidung gewonnenes Material, Setzerze: durch Rösten gewonnenes Erz. Im Schreiben der kgl. General Bergwerk und Salinen Administration vom 1. 9. 1852 wurde das Bergamt Wunsiedel beauftragt, Hahn die höchste Anerkennung des Königs für seinen Eifer und sein Bemühen um den Bergbau auszusprechen mit dem Wunsch, dieses Beginnen mit Eifer fortzusetzen und zeitweise Bericht zu erstatten. Er habe daher die Quartalrapporte, möglichst kurz gefaßt, dem Bergamt zur unverzüglichen Weiterleitung zu übersenden. Wenn möglich, solle noch im Etatsjahr 1852/53, jedenfalls noch 1853, mit der Ablieferung der edlen Metalle an das kgl. Hauptmünzamt begonnen werden (STA BAMBERG K 604 327/VIII).

1855 wurden daraus Golddukaten geprägt (Abb. 10).



Abb. 10. Ausbeutedukat von 1855. Durchmesser 20 mm. Links Vorderseite, rechts Rückseite.  
Staatliche Münzsammlung München. Foto Pascher.

Nach dem Rapport für das IV. Quartal 1851/52 vom 18. 10. 1852 beschränkte sich der Bergbau auf 3 bzw. 8 Erzgänge der Gruben „Schickung Gottes“ und „Fürstenzeche“. Im Etatsjahr 1851/52 wurden gewonnen:

	Antimonerze	Goldhaltige Pochgänge	
„Schickung Gottes“	88 Ztr.	407	Ztr.
„Fürstenzeche“	64 Ztr.	8983	Ztr.

Der ganze Erzvorrat betrug:

Antimonialerze			
„Schickung Gottes“	geschieden u. ungeschieden	143	Ztr.
„Fürstenzeche“	geschieden	241,46	Ztr.
Summe		384,46	Ztr.

#### *Goldhaltige Pochgänge und goldhaltige Scheideerze*

„Schickung Gottes“	616	Ztr.
„Fürstenzeche“	23789	Ztr.
Summe	24405	Ztr.

Der Bau des Poch- und Waschwerksgebäudes begann im Juli 1852 und war bis Oktober ausgeführt (Abb. 11 u. 12).

Die ehemalige Schmelzhütte auf der Halde des „Unteren Scheibenschachtes“ war bereits 1850, nachdem die Antimonsaigerschmelzhütte auf der „Schmidtenstollenhalde“ errichtet war, zur Probieranstalt umgebaut worden. Sie wurde erweitert und eingerichtet. Die Zimmerkaue auf der Schmidtenschachthalde wurde zur Scheidebank umgestaltet (STA BAMBERG K 604 327/VIII).

1853 entstanden die Schmelzhütte bis auf die Innenausstattung und das Kohlenhaus (Abb. 11). Im Sommer veranlaßte Hahn die Scheidung der Antimonialerze



Abb. 11. Brandholz in der bayerischen Zeit: Poch- und Waschwerk, Schmelzhütte mit Kohlenschuppen. Im Hintergrund Halde vom Ludwig-Wittmann-Schacht und Trafostation. Um 1930.



Abb. 12. Inschrift über der Tür des ehemaligen Poch- und Waschwerkes in Brandholz.

durch die von der Administration geforderte Siebsetzarbeit. Das Setzgut wurde in einer einfachen transportablen Siebsetzvorrichtung mit Balancier, welche hart am Zoppatenbach in der Nähe des Zechenhauses aufgestellt wurde, und auf Stauchsieben bearbeitet.

Hahn (gekürzt): „*Zum Setzgut I, II und III wurden ebenfalls wieder drei besondere aus Eisendraht geflochtene Siebe verwendet, deren Maschen immer etwas kleiner als die einzelnen Erzstückchen waren. 1. Erzräterr: 324 Maschen je Quadratfuß, 2.: 676, 3.: 3600*“ (STA BAMBERG K 604 327/VIII).

Für das Verwaltungsjahr 1853/54 wurde ein vom kgl. Kommissär Freiherrn von Gumppenberg mit der kgl. Grubenverwaltung in Brandholz beratener Betriebsplan am 14. 1. 1854 vorgelegt, der für den Bergbaubetrieb Schwerpunkte, vor allem in der südlichen Abteilung der „Fürstenzeche“ gegen die verlassene Grube „Namen Gottes“, aber auch Einschränkungen aus Kostengründen vorsah. Aus dem gleichen Grund wurde statt der Zimmerung die Ausmauerung des Schmidtenstollens auf 8 Lachter vom Mundloch an erlaubt.

Die Aufbereitung der Erze sollte je nach Lage durch Handscheidung oder Siebsetzen erfolgen, das Pochen und Waschen im bereits hergestellten Poch- und Waschwerk in „möglichst fortwährendem Betrieb“ erhalten werden, um die geplanten 360 Zentner tauglichen Schlich für die Amalgamation und das Verschmelzen aufzubringen.

Für die Zugutmachung der gold- und silberhaltigen Erze durch Amalgamation wäre die Herstellung des Amalgamierwerkes „mit aller Tätigkeit“ zu betreiben, um bald mit dem Amalgamieren beginnen zu können. Ebenso wäre der Bau der Schmelzöfen in der bereits erbauten Schmelzhütte notwendig (STA BAMBERG K 604 321).

Auf eine ergangene Entschließung der Kgl. General Bergwerks und Salinen Administration bezüglich eines Versuchbaues zur Gewinnung von Bleierzen bei Erbendorf wurde im Anhang hingewiesen.

Die alte Bergwerkstadt Erbendorf, mit ähnlich wechselvoller Bergbaugeschichte wie Goldkronach, wurde zu Beginn der 50er Jahre des 19. Jahrhunderts mit neuen Hoffnungen erfüllt. Beim staatlichen Erzbergbau in Goldkronach fehlten „bleiische Geschicke“ zur Extraktion des Goldes, Blei konnten aber die Erbendorfer Gruben liefern. Erbendorf bemühte sich daher um Wiederaufnahme des Betriebes, was gegen Ende 1853 auf Antrag der Kgl. General Bergwerks und Salinen Administration auch geschah (STA BAMBERG K 604 327/VIII).

Im Betriebsrapport der kgl. Grubenverwaltung zu Brandholz im I. Quartal 1855/56 konnten Hahn und Groner (Erbendorf) über Ausrichtungs- und Abbau-Arbeiten sowie Versuchsbau gemäß Betriebsplan berichten: Gute Erfahrungen machte man bei der Antimonsaigerung durch Handscheidung und Siebsetzarbeit und erreichte eine höhere Produktion. In der Probier-Anstalt wurden hier und in Erbendorf erzeugte Setzgraupen sowie Schliche von Erbendorfer Bleierzen auf Gehalt an Blei und Silber untersucht. Der Probierflammofen wurde neu erbaut; an der inneren Einrichtung der Schmelzhütte wurde weiter gearbeitet (STA BAMBERG K 604 327/VIII).

Das Jahr 1856 brachte für den Bergbau wichtige Veränderungen. Am 8. März wurde der Bergamtsverweser Carl Emanuel Schmidt wegen hohen Alters vom Dienst suspendiert. Der Einfahrer Hahn wurde mit der einstweiligen Amtsverwaltung des Bergamts beauftragt und am 19. 6. 1856 zum Bergmeister ernannt. Am gleichen Tag wurde der Sitz des Bergamts nach Brandholz verlegt mit der Bezeichnung „Königl. Bergamt Wunsiedel in Brandholz“. Das bisherige Zechenhaus mußte aufgestockt werden und wurde Bergamtsgebäude. Als neue Steigerwohnung wurde die Kaeu umgebaut (STA BAMBERG K 604 15).

Am 13. 12. 1856 bestimmte eine Anordnung der Kgl. General Bergwerks und Salinen Administration (STA BAMBERG K 604 327/VIII):

- „1. Wegen der großen Nachfrage um Antimon ist der Betrieb der Grube Schickung Gottes und der Antimon-Saigerhütte schwunghaft fortzusetzen, dagegen ist
- 2. in der Fürstenzeche bloß der Versuchbau auf dem Quarzgang in südlicher Richtung gegen die alte Grube Namen Gottes auf Tag und Nacht belegt zu lassen.
- 3. Zur schnelleren Aufbereitung der in großen Massen vorhandenen Pochgänge bei der Fürstenzeche erscheint die Herstellung eines neuen zweiten Waschwerks sehr notwendig.“

Folgenreicher war die Zusammenarbeit mit dem Erbendorfer Bergbau, der am 17. 10. 1856 an eine Gewerkschaft übergegangen war, die sich 1857 „Erbendorfer und Brandholzer Erzbergbau- und Hüttenwerkschaft“, 1859 „Erbendorfer Bergbauhüttenverein“ nannte. Daraus bildete sich am 25. 7. 1860 eine Aktiengesellschaft. Hauptaktionäre waren der bayerische Staat, Hofbankier Joseph von Hirsch aus München und Freiherr von Cramer-Klett aus Nürnberg.

„Die 140 Bergleute stammten zum größten Teil aus der Bernecker Gegend. Der Bergmeister [Hahn] hatte seinen Sitz in Brandholz, sein Vertreter, ... Karl Ostler, leitete als Obereinfahrer die K. Grubenverwaltung Erbendorf“ (HÖSER & GOLLWITZER 1967: 169).

Während in Erbendorf nach einem Gutachten hoher Gewinn zu erwarten war, wurde 1861 der Brandholzer Bergbau eingestellt.

Steiger Röde war bereits 1860 nach Erbendorf versetzt worden. Erneute Hoffnungen, die ein Befahrungsbericht und ein Gutachten 1863 bzw. 1864 erweckt hatten, erfüllten sich nicht; 1865 war das vorläufige Ende des Kohlenbergwerks und 1866 auch das der Blei- und Silbererzgrube in Erbendorf gekommen (HÖSER & GOLLWITZER 1967: 171).

Am 1. 10. 1864 wurde das kgl. Bergamt von Brandholz nach Bayreuth verlegt, mit der Bezeichnung „Königl. Bezirksbergamt Bayreuth“.

Zum Zwecke der Veräußerung wurde in Brandholz am 16. 9. 1865 „über Einschätzung der zum Bergbau und der Schmelzhütte in Brandholz gehörigen Immobilien und Pertinenzien, sowie des Inventar- u. Material-Bestandes“ Protokoll geführt. Hofbankier v. Hirsch erstand am 16. 4. 1866 sämtliche zum Bergbau in Brandholz gehörenden Gebäude und Grundstücke, wie aus einer Urkunde ersichtlich ist, auch Mutungsrechte. Am 3. 6. 1867 verkaufte er an Forstwart Karl Steger

Gebäude und Hofraum auf der ehemaligen „Unteren Scheibenschachthalde“, am 28. 3. 1874 Pochwerk, Schmelzhütte und Kohlenhaus (Protokoll und Kaufverträge Privatbesitz Zürl).

## 8. Goldbergbau im 20. Jahrhundert

Verschiedenen Quellen ist zu entnehmen, daß der Brandholzer Erzbergbau 1909 durch eine Gewerkschaft wieder in Angriff genommen wurde (GÖTZ 1950/51: 130).

Bergdirektor Otto Heer aus Nordhausen und Rechtsanwalt Dr. Arthur Favreau aus Bayreuth versuchten als private Unternehmer den Grundstein dazu zu legen. Schon 1906 hatte Heer im Forsthaus, dem ehemaligen Bergamtsgebäude in Brandholz eine Wohnung bezogen.

In den folgenden Jahren unternahm er Schürfversuche, ließ u. a. den Jakobischacht auszimmern, den Schmidtenstollen öffnen und versuchen, ihn gangbar zu machen (GÖTZ 1950/51: 130).

Der Ausbruch des 1. Weltkriegs zwang aber zur Einstellung der Arbeiten und Schließung von Schacht und Stollen.

Zwei Fachleute, Bergingenieur A. Spengler aus Wernigerode und Dr. R. Beck von der Bergakademie Freiberg/Sachsen, hatten 1906 bzw. 1912 Gutachten über die Bauwürdigkeit der Gold- und Antimonerzgänge von Brandholz erstellt.

SPENGLER (1911: 6/7) bezog sich vor allem auf 63 Erzanalysen des Reviers Fürstenzeche, die in den Jahren 1851/54 ausgeführt wurden und einen „sehr hohen Gehalt an Gold“ ergaben, mit den damaligen Methoden aber noch nicht hatten genutzt werden können. Er hielt die Wiederaufnahme dieser alten Bergbaue für „sehr aussichtsreich“, und im Nachtrag vom 11. 6. 1910 schrieb er: „*Neue Aufschlüsse und Untersuchungen haben meine Ansichten voll bestätigt, erhärtet auch durch Ergebnisse von Analysen der Bergakademie Clausthal*“.

Auch BECK (1912) schloß ein Gutachten mit der Überzeugung, „daß ein erneuter Erzbergbau im Gebiet von Brandholz sehr wahrscheinlich die anzuwendenden Geldmittel durch einen guten Gewinn belohnen wird“.

Nach Kriegsende 1918 sollte die Bergbautätigkeit wieder aufgenommen werden. Privatkapital war aber dringend erforderlich, da der Staat eine Beteiligung abgelehnt hatte. An die Gründung einer Aktiengesellschaft mußte man denken. In einer Vorbereitung am 6. 8. 1919 hatte Heer die Herren Dr. Favreau, Kommerzienrat Streubel aus Kulmbach, Ingenieur Spengler, Bankier Feustel, und Bergrat Nordhaas in seine Wohnung im Forsthaus Brandholz eingeladen. Eine umfangreiche Arbeit über die Mächtigkeit der im Brandholzer Revier vorkommenden Gänge nach alten Originalakten mit Berichten von Humboldt und Hahn und einer Rentabilitäts-Aufstellung vom 27. 7. 1919 sollte sicher zur Orientierung dienen (HEER 1919).



Abb. 13. Förderturm auf dem Ludwig-Wittmann-Schacht. Foto MÖSCH, 1923.

Am 28.6.1920 kam unter der Führung von Dr. Favreau und Heer die „Bergbau-Aktiengesellschaft Fichtelgold“ zustande. Aufsichtsratsvorsitzender wurde Kommerzienrat Ludwig Wittmann in Stuttgart, dessen Bank die Finanzierung übernahm (FICHTELGOLD AG, 1923).

Am 7.4.1921 wurden die Bergbauarbeiten wieder aufgenommen. Zur Bewältigung der anstehenden technischen Aufgaben engagierte man den Bergingenieur Michael Brüll mit Erfahrungen aus dem südafrikanischen Goldbergbau. Der 200 m tiefe Ludwig-Wittmann-Schacht wurde in der Zeit vom 7.4.1921 bis 31.3.1922 abgeteuft (Abb. 11 bis 13). Er erschloß den „Hauptgang“ und den „Kiesgang“. Der Bau der Pochwerksanlage, die maschinelle Einrichtung und die Umstellung auf elektrischen Betrieb erfolgten bis Juni 1923 (FICHTELGOLD AG, 1923).

Am 19.4.1922 kaufte „Fichtelgold“, vertreten durch Dr. Favreau und Brüll von Elektrotechniker Fritz Mösch dessen Grundbesitztum, bestehend aus Schmelzhütte



Abb. 14. Bergmann vor Ort im Bereich Ludwig-Wittmann-Schacht. Über ihm der goldführende Quarzgang. Foto MÖSCH.

mit Kohlenschuppen und Amalgamierwerk, Poch- und Waschwerk und Ödung, Erzsturzplatz mit allen Rechten, insbesondere der Wasserkraft, vorhandenen Maschinen und gesamter Elektrizitätseinrichtung. Der bestehende Vertrag mit der Gemeinde Brandholz über Lieferung von elektrischem Strom wurde übernommen, ebenso jährliche Entschädigung für Grundstücksbenutzung an Landwirt Johann Will (Kaufvertrag Privatbesitz Zürl).

Wegen Verzögerungen beim Bau der Aufbereitungsanlage konnte der Betrieb des Pochwerks erst am 26. 6. 1923 begonnen werden. Bei der Eröffnungsfeier am 28. 6. erweckten die Festansprachen des Aufsichtsratsvorsitzenden Wittmann und des Generaldirektors Dr. Favreau die kühnsten Hoffnungen auf einen erfolgreichen und gewinnbringenden Goldbergbau (Abb. 14).

Probleme gab es in der Aufbereitungsanlage bei der Trennung der festen Bestandteile der Erztrübe von der goldhaltigen Lauge. Eine gelieferte Filteranlage brachte in keiner Weise die erwartete und versprochene Leistung. Nach Ansicht

der Fichtelgold AG war das Erproben der Filter einschließlich Anschaffungskosten auf über 60 000 Mark gekommen und ein Dreivierteljahr Entwicklung und Produktion verloren. Die Fichtelgold Bergbau-AG erstattete am 6.4.1925 bei der Staatsanwaltschaft beim Landgericht Halberstadt deswegen Anzeige gegen den Lieferanten wegen Betruges (Anzeige Privatbesitz Zürl).

Im Sommer 1925 geriet das Bankhaus Wittmann in Zahlungsverlegenheiten. Der Bergbaubetrieb mußte am 13.6.1925 eingestellt werden, da es nicht gelang, Käufer für das Bergbauunternehmen zu finden. Versuche Wittmanns 1933 und 1936, mit einer neuen Gesellschaft „Fichtelgold“ den Bergbau wieder aufzunehmen, scheiterten mangels Mittel und Interesses. Auch spätere Unternehmungen waren ebenso erfolglos wie Schürf- und Bohrarbeiten ab 1974 und eine Tiefbohrung der Pegasos KG im Jahr 1975.

## 9. Literatur

- AUHINGER, A. L. (1860/61): Beschreibung der im ehemaligen Fürstentum Bayreuth gelegenen Landgemeinde Brandholz und den dazugehörenden Orten Zoppaten, Goldberg und Sickenreuth. – 1–63, Ms. unveröff. Brandholzer Chronik, Brandholz (Engelhardt).
- BECK, R. (1912): Gutachten über die Gold- und Antimonerzgänge von Brandholz bei Goldkronach. – Freiberg.
- BERGBAU-AKTIENGESELLSCHAFT FICHTELGOLD (1923): Denkschr. z. Eröffnungsfeier d. neuen Pochwerksanlage am Ludwig-Wittmann-Schacht zu Brandholz bei Goldmühl. – o. S., Goldkronach.
- BOTHMER, C. (1786): Oryctologische Abhandlungen III. Teil: Die Geschichte des Goldkronacher Goldbergwerks. – 107 S., Leipzig-Dessau.
- BUSCHENDORF, F. (1931): Das Gangrevier von Brandholz-Goldkronach im Fichtelgebirge. – Jb. Halleischer Verband f. d. Erforschung d. mitteldt. Bodenschätze u. ihrer Verwertung, N.F., 10: 98 S., Halle.
- CHINTA, R. (1983): Geschichtlicher Überblick des Goldkronacher Erzbergbaus. – Geol. Bl. NO-Bayern, 32, 3–4: 188–197, Erlangen.
- DÜRRSCHMIDT, J. G. (1800): Beschreibung des Königlich Preussischen, im Fürstenthum Baireuth liegenden, Kirchspiels Goldkronach in statistischer, topographischer, historischer, oryktologischer und literarischer Hinsicht. – 232 S., Bayreuth.
- GÖTZ, M. (1950/51): Aus Brandholz vergangenen Tagen. – Ms. unveröff. Brandholzer Chronik, 89–168, Brandholz (Engelhardt).
- GÜMBEL, C. W. (1879): Geognostische Beschreibung des Fichtelgebirges mit dem Frankenwalde und dem westlichen Vorlande. – 698 S., Gotha (Perthes).
- HEER, O. (1919): Antimon- und Goldbergwerk Brandholz bei Goldkronach. – 11 S., Bayreuth (Bergamt).
- HEIN, W.-H. [Hrsg.] (1985): Alexander von Humboldt. Leben und Werk. – 334 S., Frankfurt (Weisbecker).
- HEIN, W.-H., ARNOLD, E., & ZÜRL, F. (1992 u. 1993): Alexander von Humboldts Generalbefahrungsberichte der fränkischen Gruben im Jahre 1795. Teil I u. II. – Archiv für Geschichte v. Ofr., 72: 343–398 u. 73: 147–171, Bayreuth (Ellwanger).
- HEINZ, H. & GOTTFRIED, A. (1965): Chronik der Stadt Goldkronach. – 181 S., Bayreuth.
- HÖSER, J. & GOLLWITZER, W. (1967): Geschichte der Stadt Erbendorf. – 445 S., Regensburg.

- JAHN, I. & LANGE, F. G. [Hrsg.] (1973): Die Jugendbriefe Alexander von Humboldts 1787–1799. – 838 S., Berlin (Akad.-Verl.).
- KISSLING, H. (1995) Das Heydenreichsche Haus vor dem Stadtbrand 1836. – Unveröff. Ms., o.S., Goldkronach.
- KÖHL, O. (1913): Zur Geschichte des Bergbaues im vormaligen Fürstentum Kulmbach-Bayreuth, mit besonderer Berücksichtigung der zum Frankenwalde gehörigen Gebiete. – 144 S., Naila-Hof.
- KRETSCHMANN, J. W. (1741, Neudruck 1994, VIESSMANN, H. [Hrsg.]): Sammlung zu einer Berg-Historia des Markgraftums Brandenburg-Bayreuth. – 1548 S., Hof (Arzberger).
- KÜHNERT, H. (1960): Alexander von Humboldts Wirksamkeit im Bergbau und Hüttenwesen der Fürstentümer Bayreuth und Ansbach (1792 bis 1797). – Rudolstädter Heimath., 6: 90–98, 132 136, Rudolstadt.
- MÜLLER, S. (1987): Die Königliche freie Bergschule zu Steben von der Gründung 1793 bis zur Auflösung 1857. – Archiv für Geschichte v. Ofr., 67: 277–312, Bayreuth.
- SCHERBER, J. H. (1797): Lesebuch für die Bayreuthische Vaterlandsgeschichte. – 2: 320 S., Hof (Bergmann).
- SPENGLER, A. (1911): Das Gold- Silber- und Antimon- Erzbergwerk zu Brandholz bei Goldkronach in Ofr. – 15 S., Anhang, Wernigerode (Stadtarchiv Wunsiedel, F 720).
- TOURNON, C., FAHRMBACHER, L. [Hrsg.] (1900): Die Provinz Bayreuth unter Französischer Herrschaft (1806–1810). – 117 S., Wunsiedel (Kohler).

Manuskript bei der Redaktion eingegangen am 24. 6. 1997.

# Goldvererzungen bei Neualbenreuth im Saxothuringikum des Waldsassener Schiefergebirges, Oberpfalz

Von THOMAS HERZOG, GERHARD LEHRBERGER und GERHARD STETTNER

Mit 11 Abbildungen und 4 Tabellen

## Kurzfassung

Die untersuchte Goldvererzung am „Unteren Brand“ liegt im Bereich der Marktgemeinde Neualbenreuth, im Landkreis Tirschenreuth/Oberpfalz. Geographisch und geologisch gehört das Gebiet zum Waldsassener Schiefergebirge, das im Anschluß an die im NW liegende Antiklinale des Fichtelgebirges ein flaches Synklinorium bildet. Entsprechend der Lage nördlich der Erbendorfer Linie gehören die kambroordovizischen Gesteine des Waldsassener Schiefergebirges zum Saxothuringikum (Thüringische Faziesreihe). Die Geologie im Bereich des Goldvorkommens wurde erst in den letzten Jahren genauer stratigraphisch und geochemisch untersucht, so daß sich eine umfassende lagerstättenkundliche Neubearbeitung anbot.

Im Umfeld der Goldvererzung wurde eine geologische Kartierung durchgeführt, wobei die Strukturgeologie und Hydrogeologie besonders berücksichtigt sowie die Bergbauspuren des Gebietes zwischen Neualbenreuth, der Nordflanke des Muglberges und der Westflanke des Tiljenberges bis zur Staatsgrenze zwischen Bayern und der Tschechischen Republik erfaßt wurden.

Die Goldvererzung am „Unteren Brand“ tritt in oberkambrischen, psammopelitischen Wechselfolgen auf, die in Form feingebänderter Quarzite mit wechselnden Anteilen an Glimmerschieferlagen (teilweise mit Granat) vorliegen. Die Deformation und Metamorphose der Gesteine während des Paläozoikums gliedert sich in mindestens drei Ereignisse. Eine sichere zeitliche Einbindung der Lagerstättenbildung kann nicht durchgeführt werden, weil dazu die entsprechenden Aufschlüsse in den ehemaligen Zechen bzw. das entsprechende Probenmaterial fehlen. Strukturell wird das Gebiet von der Mähringer Störung (dextrale Blattverschiebung, NW–SE) und den Ausläufern der südlichen Hauptrandverwerfung des Egergrabens (WSW–ENE) dominiert. In der Spur der Störungen bzw. deren Verschneidung liegen auch die bekannte Radonquelle und der Kohlensäuerling des Kurzentrums Sibyllenbad.

Mit einer flächendeckenden Bachsedimentprospektion im Talkessel von Neualbenreuth konnten vier markante Goldanomalien sowie die weite Verbreitung weiterer kleiner Goldvorkommen nachgewiesen werden. Zwei Anomalien sind direkt an primäre Lagerstätten gebunden. Die anderen sind als sekundäre Vorkommen anzusprechen, die aufgrund ihrer günstigen morphologischen Position besonders angereichert wurden. Außerdem wurde eine bisher unbekannte Cinnabarinomalie entdeckt.

Zur Untersuchung der wichtigsten Goldlagerstätte des Gebietes am Unteren Brand stand eine 70 m lange Kernbohrung des Bayerischen Geologischen Landesamtes zur Verfügung. Die Separation der Schwerminerale und deren REM-Analyse zeigt eine polymetallische Vererzung mit den Elementen Au, Ag, Cu, Hg, Pb, Zn, Sn und W. In den erzmikroskopischen Anschliffen ist das Gold vorwiegend innerhalb der Verwachsung von Arsenopyrit und Pyrit zu finden, die wiederum an kataklastische Zonen in älteren, boudinierter Arsenopyritgängen mit Pyrrhotin gebunden sind. Eine primäre Goldanreicherung in den kambrischen Metasedimenten (Paläoseife) konnte nicht nachgewiesen werden.

## Abstract

The gold deposit of Unterer Brand is located near Neualbenreuth, within the district Tirschenreuth/Oberpfalz. It belongs to the geographical and geological unit of the Waldsassener

Anschriften der Verfasser: THOMAS HERZOG, DR. GERHARD LEHRBERGER, Lehrstuhl für Angewandte Mineralogie und Geochemie, TU München, D-85747 Garching; Dr. GERHARD STETTNER, Roßsteinstr. 8, D-83607 Holzkirchen.

Schiefergebirge, which as a flat syncline forms the SW-extension of the Fichtelgebirge-anticline. Corresponding to its location north of the tectonic lineament Erbendorfer Linie, the rocks of Cambrian and Ordovician age belong to the structural unit of the Saxothuringikum (Thüringische Faziesreihe). Recent stratigraphic and geochemical results from the location provided the basis for a new extensive investigation.

The geological mapping undertaken focussed on the structural geology and hydrogeology. In addition, the historical gold workings of the area between Neualbenreuth, the northern slope of the Muglberg, and the western part of the Tillenberg were located and described.

The host rocks of the gold deposits are alternating, fine-banded, Cambrian quartzites and mica schists that locally contain garnets. The formation of the gold deposits occurred in at least three stages during the Palaeozoic deformation and metamorphism. Due to the lack of exposures and appropriate sample material, no exact timing of the gold precipitation could be determined. The structural setting of the deposits is dominated by two major lineaments: the dextral strike-slip fault of the Mähringer Störung (NW–SE) and the dip-slip faults of the Egergraben (WSW–ENE). Along the scarps of the faults, and at intersections of fault segments, wells containing radon gas and carbonic acid occur, which provide the mineralised water for the health resort of Sibyllenbad.

The exploration of the stream sediments indicated the widespread occurrence of small gold accumulations and four major gold deposits in the valley of Neualbenreuth. Two of them are located next to the primary deposits of Unterer Brand and Troglauer Mühle. The other two are placed in favourable geomorphological locations where gold has been enriched by weathering and redeposition. In addition, a new deposit of cinnabarite was found.

For the survey of the primary gold deposit at Unterer Brand, 70 m of diamond drill-cores was provided by the Bayerisches Geologisches Landesamt. The heavy minerals were separated and analysed by SEM-EDAX, which revealed a broad spectrum of elements (Au, Ag, Cu, Hg, Zn, Pb, Sn, W). Trace element whole-rock geochemistry on selected mineralized rocks indicated an As anomaly. Ore petrology showed that the gold occurs in textural equilibrium with arsenopyrite and pyrite, which was deposited in cataclastic zones in older boudinaged veins of arsenopyrite and pyrrhotite. No indications of primary gold deposition during Cambrian sedimentation were found.

## Inhalt

1. Geologischer Überblick .....	174
2. Vorkommen, Morphologie und Zusammensetzung von Seifengold .....	178
3. Vorkommen, Morphologie und Zusammensetzung von Cinnabarit .....	180
4. Weitere Schwerminerale .....	184
5. Die Goldlagerstätte Churfürst am Unteren Brand .....	185
5.1. Geologie des Unteren Brandes .....	187
5.2. Geochemie .....	188
5.3. Gold- und Schwermineralseparation .....	190
5.4. Erzmikroskopische Untersuchungen .....	193
5.5. Genesemodell der Goldvererzung .....	194
6. Der historische Goldbergbau .....	196
6.1. Bergbaugeschichte .....	196
6.2. Lokalitäten und Beschreibung der Bergbauspuren .....	198
7. Literatur .....	203

## 1. Geologischer Überblick

Die im Rahmen einer Diplomarbeit und eines von der Volkswagenstiftung geförderten Forschungsprojektes untersuchte Goldvererzung befindet sich im

Waldsassener Schiefergebirge, einem flachen Synklinorium aus kambroordovizischen Gesteinen (STETTNER 1992; RICHTER & STETTNER 1993; STETTNER in Druckvorbereitung). Das Gebirge liegt innerhalb eines sehr abwechslungsreichen strukturgeologischen Rahmens (Abb. 2). Die südliche Begrenzung zum Moldanubikum bildet die SW-NE streichende Erbendorfer Linie. Im Westen springt das Lineament entlang NW-SE streichender Querstörungen weit nach Norden vor und grenzt dort an das tertiäre Senkungsfeld von Schönheid-Tirschenreuth-Mitterteich. An das Senkungsfeld schließen im Norden bei Mitterteich die Granite des Steinwaldes und die Basalte um Marktredwitz an. Im Norden, an der Arzberger Störung, grenzt das Waldsassener Schiefergebirge an die steile Südflanke der Fichtelgebirgsantiklinale. Diese SW-NE verlaufende Störung wird von den Brüchen des Egerer Beckens im NE abgeschnitten. Das tertiäre Becken bricht an NNW-SSE und WSW-ENE streichenden Störungen keilförmig nach SW in die kambroordovizischen Einheiten ein. Im E verdecken die Granite entlang der Marienbader Störung (Kaiserwald, NNW-SSE) den geologischen Rahmen.

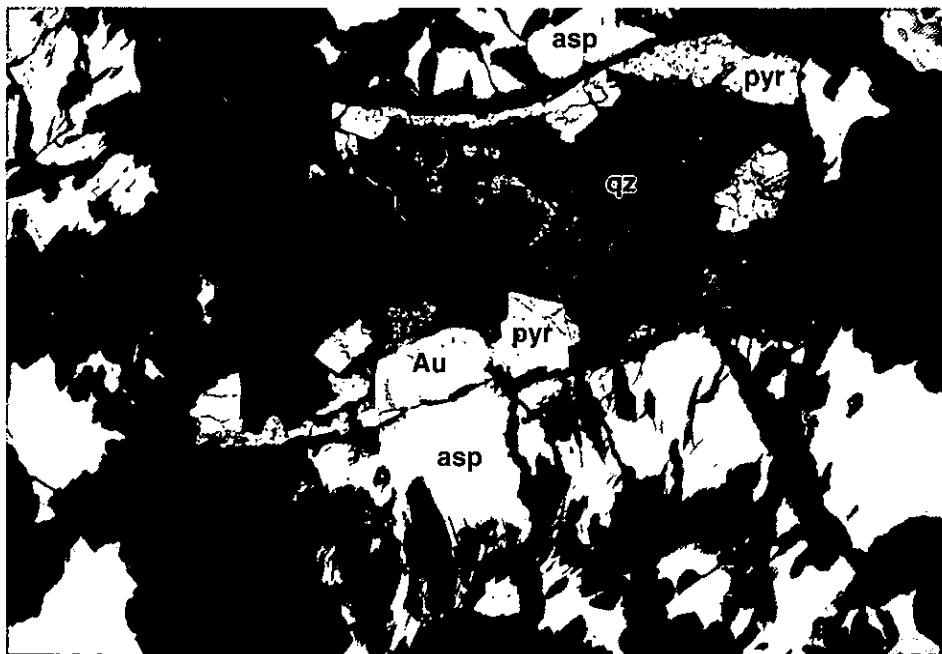


Abb. 1. Gold (Au) innerhalb der Verwachsung Arsenopyrit (asp) und Pyrit (pyr), mit Quarz (qz) als Gangart (Erzanschliff im Auflicht, Bildbreite = 0,3 mm).

Nach der assyntischen Orogenese und der Hebung der Allemanisch-Böhmisches Schwelle (Moldanubikum) nahmen nördlich vorgelagerte Senken im Altpaläozoikum das erodierte Material auf. Die Gesteine des Waldsassener Schiefergebirges (Saxothuringikum) werden deshalb als molasseartige Bildungen beschrieben (STETTNER 1992: 34). Der Beginn der Sedimentation im Verlauf des Kambriums kann weder hier noch in der stratigraphisch gleichgestellten Warmensteinacher Serie (Fichtelgebirge) genauer angegeben werden, weil entsprechende Fossilien fehlen. Der lithostratigraphische Vergleich und der

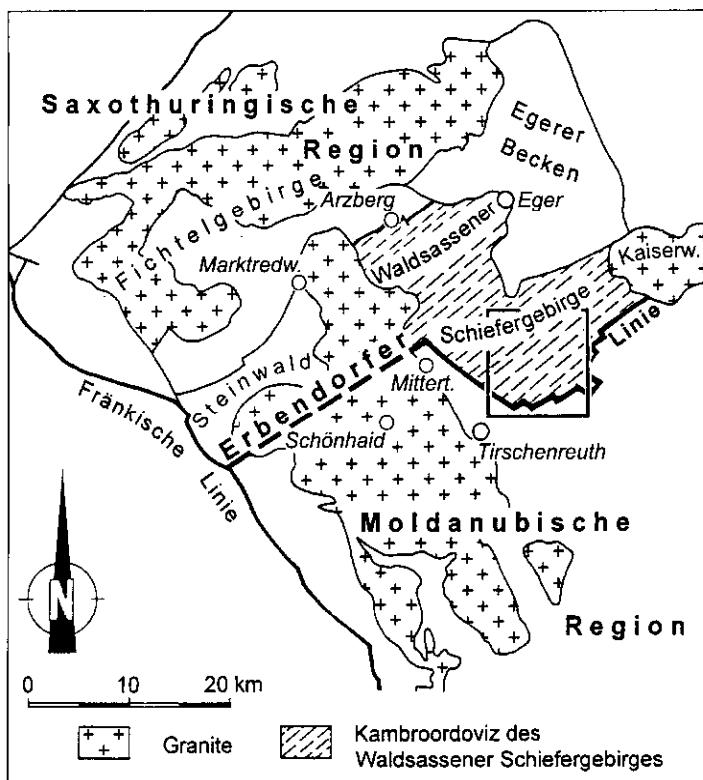


Abb. 2. Strukturgeologischer Rahmen des Waldsassener Schiefergebirges mit Lage des Untersuchungsgebietes (nach RICHTER & STETTNER 1993: 179).

aufgeschlossene Kontakt zu den fossilbelegten, ordovizischen Phycodenschichten (mit *Phycodes circinnatum* R.) sprechen für ein ober- bis mittelkambrisches Alter (STETTNER 1992: 35).

Im Untersuchungsgebiet ist nur ein Teil der Schichtfolge des Waldsassener Schiefergebirges aufgeschlossen (Abb. 3). Die Gesteine wurden an steilstehenden Verwerfungen (NW-SE und NE-SW) unterschiedlich weit gegeneinander versetzt, durch vertikale und vor allem horizontale Bewegungen. Die Schichten streichen NE-SW und fallen flach nach NW ein, so daß die Schichtfolge vom stratigraphisch Hangenden (NW) zum Liegenden (SE) aufgeschlossen ist. Bei der Ortschaft Hardeck steht zuerst der basale Teil der Phycodenschiefer an (geograph. Lage s. Abb. 11). Die als Wattsedimente zu interpretierenden Gesteine des Tremadocs liegen heute als Serizit-Chlorit-Phyllite mit vereinzelten Granatblasten vor. In das Tal der Wüstung Boden nach SE gehend folgen die Frauenbachquarze mit einer millimeter-feingebänderten Wechselsequenz aus Quarzit- und Glimmerlagen, die teilweise Chlorit führen. Unter den ordovizischen Gesteinen liegen rund um Neualbenreuth die Quarzite der Neualbenreuther Schichten (cb1), in denen sich die Goldvererzung des Unteren Brandes befindet. Die oberkambrischen Gesteine sind in ihrer sedimentären Fazies nicht von den Frauenbachquarzen zu unterscheiden. Beide Gesteine bestehen aus unrhythmischen Wechselsequenzen von millimeter-fee-

nen bis dezimeter-mächtigen Metapeliten und -psammitten und führen bei höherem Anteil der Metapelite Granat sowie vereinzelt Staurolith. Die Neualbenreuther Schichten enthalten zusätzlich Einschaltungen saurer Tuffite, die Epigneise (STETTNER 1992: 34). Diese gneisartigen Quarzite werden vereinzelt wenige meter-mächtig und enthalten millimeter-große Feldspatporphyroklasten. Im Liegenden der Neualbenreuther Schichten sind feinkörnige, plattige Quarzite anzutreffen, die generell durch ihre limonitbraunen Farben (Verwitterung) auffallen. Diese Quarzite markieren die lithologische Grenze zu den liegend folgenden Tillenglimmerschiefern (cb2), die den bewaldeten Anstieg zum Tillenberg bilden. Westlich der Mähringer Störung, die dem Verlauf des Mugl-Bach-Tales folgt, springen sie 1 km weit nach Norden vor. Die Glimmerschiefer führen Granat und Andalusit (NW), bzw. Andalusit und Sillimanit (SE). Im Liegenden folgen nach SE die Wasserfallquarzite (cb3), deren Metapeliteinschaltungen Andalusit und Sillimanit enthalten. Darunter setzt sich der Wechsel vorwiegend psammitischer

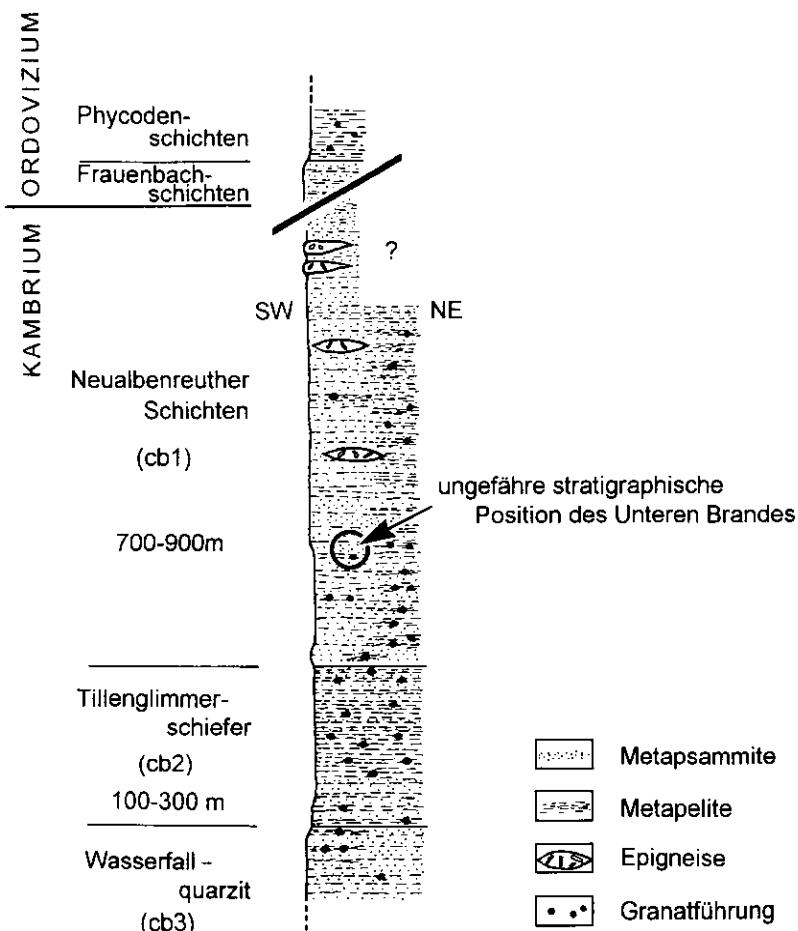


Abb. 3. Die Schichtsäule des Untersuchungsgebietes mit der ungefähren stratigraphischen Position der Goldvererzung am Unteren Brand (vollständige Schichtsäule des Waldsassener Schiefergebirges bis einschl. cb5 s. RICHTER & STETTNER 1993).

oder pelitische Gesteine bis zur Zone Tirschenreuth-Mähring fort (ausführlich in: RICHTER & STETTNER 1993). Vereinfacht ausgedrückt besitzt das Untersuchungsgebiet ein schüsselförmiges Relief. Die Neualbenreuther Schichten (cb1) bilden dabei den Boden, die höheren ordovizischen Schichten den morphologischen Rand im Norden und die tieferen kambrischen Schichtglieder (cb2, cb3 etc.) im Westen, Süden und Osten.

Während der variszischen Orogenese überprägten wenigstens zwei Deformationen mit vorwiegend planarem s-tektonischem Charakter die Schichtfolgen. Dabei kam es syn- und postkinematisch zur Bildung von mindestens drei eigenständigen Mineralparagenesen, deren Metamorphosezonen sich teilweise uneinheitlich überschneiden (STETTNER 1992: 76).

Nach der variszischen Tektogenese setzte die Heraushebung des Grundgebirges ein und das Waldsassener Schiefergebirge wurde zum Abtragungsgebiet. Die Hebungen fanden, entsprechend den Sedimenten im Vorland, während des Perms, des Mesozoikums und des Tertiärs statt. Auch noch heute sind vertikale Bewegungen bei Feinnivellements erkennbar.

Im Pleistozän war das Waldsassener Schiefergebirge ein periglaziales Gebiet (Solifluktion, kryoturbate Böden). Zum Ende des Pleistozäns wurde die Erdkruste aktiv und der Vulkan an der Wüstung Boden brach aus. Parallel wurde die erosive Modellierung des Reliefs durch die tektonischen Unruhen verstärkt, so daß die rezent aktiven Wasserläufe gegenüber ihren Zuflüssen deutlich vertieft sind (HERZOG 1996: 70). Außerdem zeigen mehrere aktive Säuerlinge sowie die radonhaltige Quelle des Sibyllenbades an, daß die Bruchbildung im Grundgebirge noch immer nicht zur Ruhe gekommen ist.

## 2. Vorkommen, Morphologie und Zusammensetzung von Seifengold

In den Jahren 1994 und 1995 wurden zur Untersuchung der Goldvorkommen und des Schwermineralspektrums in dem 133 km<sup>2</sup> großen Gebiet 32 Proben aus den Bachsedimenten genommen (Abb. 4). Aus 25 Proben konnten 237 Goldkörner separiert werden. Zur Auswertung der Goldseifen standen zusätzlich die Ergebnisse weiterer 25 Proben zur Verfügung, die Anfang der 80er Jahre von der PREUSSAG AG untersucht wurden. Die Methodik zur Separation und Untersuchung des Seifengoldes beschreibt LEHRBERGER in diesem Band.

Das Vorkommen und die Gehalte von Seifengold in den Bachsedimenten sind der Abb. 4 zu entnehmen. Die stärkste Goldanomalie liegt im Bereich des Unteren Brandes. Hier sind die Sedimente des Pfarrbühl-Baches und des Vorfluters der Siechen-Teiche besonders goldreich. Der lokalisierte Schwerpunkt fällt mit den ehemaligen Seifenwerken im Bereich der Kalmreut und des Mugl-Baches zusammen. Ansonsten ist das Edelmetall in nahezu allen Bächen des Talkessels von Neualbenreuth zu finden. Häufig auftretende undeformierte Kornformen weisen dabei auf eine relativ weite Verbreitung kleinerer primärer Goldvorkommen hin. Als sicherlich wichtigstes Ergebnis ist deshalb zu nennen, daß die bisherige Annahme einer beschränkten Goldanreicherung im Hangenden der Neualbenreuther Schichten nicht zutrifft (PFEUFER 1960). Gold ist vielmehr auch im Bereich der stratigraphisch tieferen Schichten zu finden.

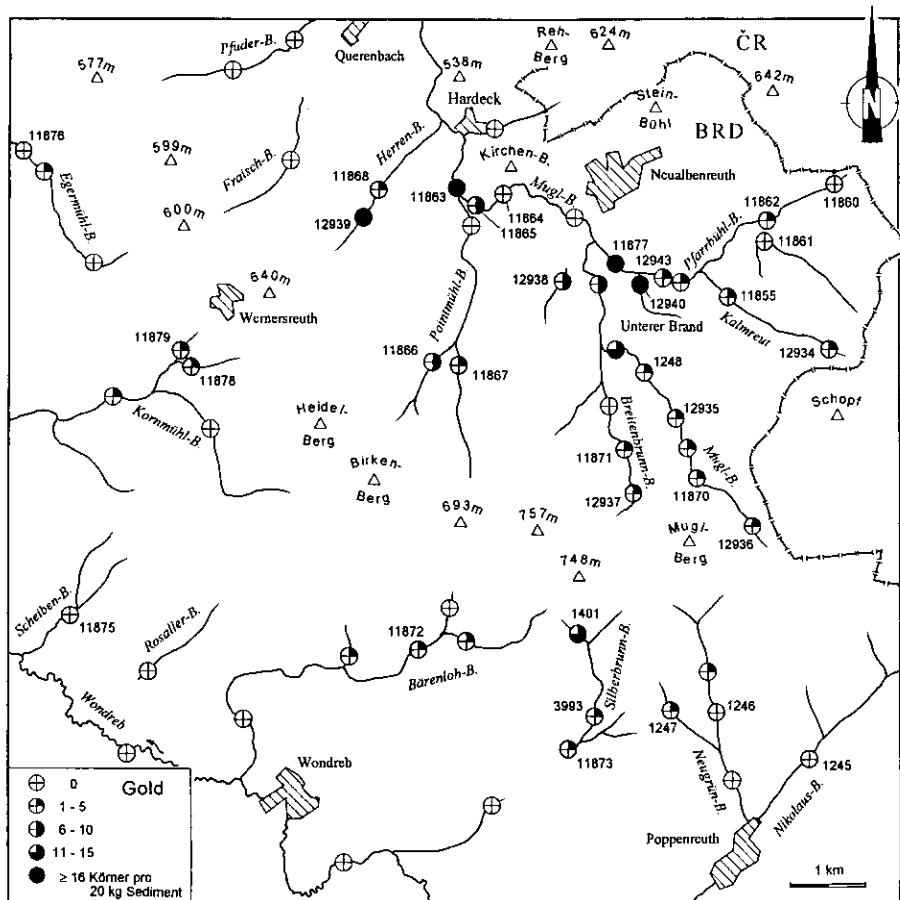


Abb. 4. Karte der Goldanomalien im Untersuchungsgebiet. Die eigenen Probenahmestellen (Punkte mit Nummern) wurden durch unveröff. Ergebnisse der PREUSSAG AG ergänzt (Punkte ohne Nummern). Es wurden jeweils 20 kg Sediment der Siebfaktion <2 mm untersucht.

Zur Anreicherung des Goldes in den Bachsedimenten tragen zwei Prozesse bei, die merklich von der Morphologie der Landschaft beeinflußt werden. Zum einen erfolgt an steileren Hängen ein direkter Eintrag in das Bachsediment. Dagegen wird in den ebenen Flächen das Gold durch Umlagerung und Auswaschen der teilweise meter-mächtigen, verwitterten Deckschichten angereichert. Zum ersten Fall gehören die Anomalien im Bereich der beiden bekannten Goldvererzungen an der Troglauer Mühle (Probe-Nr. 11863 südlich von Hardeck) und am Unteren Brand sowie das Quellgebiet des Silberbrunn-Baches (Abb. 4). Diese Seifen enthalten überwiegend eluviale Goldkörner mit einem geringen Deformationsgrad. Durch den zweiten Prozeß wurden Goldanomalien gebildet, die im Bereich der Probe-Nr. 12939 (Herren-Bachl, südlich des Kesselwaldes) und bei Rothmühle (Probe-Nr. 12938) auftreten. Besonders erhöhte Konzentrationen von Schwermineralen und Gold liegen in umgelagerten und ausgewaschenen Fließerden vor, die sich in trogförmigen Geländeformen befinden. Solche Trogformen gibt es östlich von

Hardeck im Tal von Boden, in der Kalmreut und am Pfarrbühl-Bach unterhalb des Furt-Berges. In diesen morphologischen Mulden sind bzw. waren die Halden von ehemaligen Seifenwerken zu finden (vgl. Abb. 11).

Die durchschnittliche Größe der Goldkörner liegt im Bereich zwischen 0,1–0,5 mm. Das größte Goldkorn mit den Maßen  $1,9 \times 0,7 \times 0,4$  mm stammt aus dem Pointmühl-Bach (Probe-Nr. 11866). Undefinierte, filigrane und formenreiche Gebilde und gut erhaltene Kristallflächen sind ebenso häufig zu finden wie durch den Transport im Bachsediment deformierte, rundliche Körner. Vereinzelt tritt eine traubige, hirnartige Morphologie auf, die im Anschliff als das Relikt einer myrmekitischen Verwachsung identifiziert wurde. Sie entspricht wahrscheinlich einer Paragenese von Gold mit Bismut (LEHRBERGER et al. 1990), Bi-Gehalte konnten bisher jedoch nicht nachgewiesen werden.

Von den 237 separierten Goldkörnern wurden 88 im Rasterelektronenmikroskop (REM) mit EDX-Analytik auf etwaige Silbergehalte an ihrer Kornoberfläche untersucht (Tab. 1). Bei 41 Körnern (ca. 45%) konnte Silber nachgewiesen werden, dessen Gehalt meist unter 20 Gew.-% liegt. Nur bei 6 Körnern liegen die gemessenen Werte darüber, so daß sie als Elektrum zu bezeichnen sind (MATTHES 1990: 14). Weil Silber leichter gelöst wird als Gold, entsteht ein silberarmer Mantel um die Körner. Deshalb ergeben die Messungen in den Kratzern auf der Oberfläche höhere Werte. Um die Körner in ihrem Kern zu analysieren wurde eine Auswahl von 15 Goldkörnern eingebettet und angeschliffen (Tab. 2). Damit konnte die Abreicherung des Silbers vom Inneren zum Rand des Seifengoldes nachgewiesen werden. Allerdings bilden zwei Goldkörner mit einem silberfreien Kern eine Ausnahme, obwohl die Messungen an der Kornoberfläche Silbergehalte ergeben. Bei 4 Körnern konnten zusätzlich Spurengehalte von Kupfer ermittelt werden (Tab. 2).

Bei der Auswertung der Silbergehalte wurden zwei Trends deutlich. Zuerst ist eine lokal beschränkte Anomalie von Elektrum im Silberbrunn-Bach bei Pilmersreuth a. W. festzustellen (Proben 1401, 3993 und 11873). Insbesondere das Seifengold bzw. das Elektrum nahe des Silber-Brunnen fällt mit bis zu 40 Gew.-% Silber auf. Das ist besonders bemerkenswert, weil der Flurname Silber-Brunnen bereits in den ältesten noch erhaltenen Dokumenten auftaucht. Elektrum wurde früher auch als „güldenes Silber“ bezeichnet (LEHRBERGER 1996a: 18). Zweitens zeigt sich eine generelle Abhängigkeit des Silbergehaltes von dem Deformationsgrad der Goldkörner, also von der Transportweite. Fast alle silberreichen Exemplare sind undefiniert oder wenig deformiert. Damit ergibt sich für den Raum Neualbenreuth, abgesehen von dem Silberbrunn-Bach, daß meßbare Silbergehalte an den Kornoberflächen auf eluviale Seifengoldvorkommen hinweisen.

### **3. Vorkommen, Morphologie und Zusammensetzung von Cinnabarit**

Obwohl das Mineral Cinnabarit (Zinnober,  $HgS$ ) optisch auffälliger als Gold ist und beim Auswaschen mit der Pfanne schon makroskopisch erkennbar ist, war es für den Raum Neualbenreuth bisher noch nicht beschrieben worden. Cinnabarit ist aufgrund seiner geringen Härte (nach MOHS 2–2,5) und seiner Sprödigkeit eigentlich kein typisches Seifenmineral (RAMDOHR & STRUNZ (1967: 428) schrei-

*Tabelle 1: Silbergehalte der 88 untersuchten Goldkörner  
(± 1 Gew.-%)*

Probe-Nr./ Korn-Nr.	Lokalität	Ag [Gew.-%]	Au [Gew.-%]	Anteil silberhaltiger Goldkörner [%]
1401/5	Silber-B. am Silber-Br.	47	53	
1401/7	Silber-B. am Silber-Br.	30	70	
12938/2	Rothmühle	30	70	
1247/-	W' Zulauf Neugrün-B., HP 638 m	27	73	
12935/3	Mugl-B., W' Altmugl	22	78	6,8 % Elektrum
12935/3	Mugl-B., W' Altmugl	22	78	(> 20 % Ag)
12935/1	Mugl-B., W' Altmugl	18	82	
12935/7	Mugl-B., W' Altmugl	17	83	
12938/1	Rothmühle	16	84	
11877/4	Pfarrbühl-B., Platzermühle	15	85	
12938/5	Rothmühle	15	85	
11855/-	Kalmreuth, oberhalb Seifenbügel	14	86	
11863/1	Mugl-B. nach Mündung Pointmühl-B.	13	87	
11865/1	Mugl-B., Troglauer Mühle	13	87	
11865/2	Mugl-B., Troglauer Mühle	13	87	
11877/3	Pfarrbühl-B., Platzermühle	13	87	
11863/4	Mugl-B. nach Mündung Pointmühl-B.	10	90	
12935/4	Mugl-B., W' Altmugl	9	91	
12940/5	Siechen-T. Vorfluter	8	92	
12940/2	Siechen-T. Vorfluter	7	93	
12940/8	Siechen-T. Vorfluter	7	93	
12940/9	Siechen-T. Vorfluter	7	93	
3993/-	Silber-B., Aschlohe	7	93	
1401/8	Silber-B. am Silber-Br.	7	93	
12935/2	Mugl-B., W' Altmugl	7	93	
12938/3	Rothmühle	7	93	
12935/5	Mugl-B., W' Altmugl	7	93	
12935/6	Mugl-B., W' Altmugl	6	94	
1248/2	Mugl-B. S' Buchgüt	6	94	
1248/3	Mugl-B. S' Buchgüt	6	94	
11868/1	Herren-B., E' Kesselwald	6	94	
11877/5	Pfarrbühl-B., Platzermühle	6	94	
11877/6	Pfarrbühl-B., Platzermühle	6	94	
12939/3	Herren-B., S' Kesselwald	5	95	
1401/2	Silber-B. am Silber-Br.	5	95	
11863/3	Mugl-B. nach Mündung Pointmühl-B.	5	95	
11863/5	Mugl-B. nach Mündung Pointmühl-B.	5	95	
11866/2	Pointmühl-B., HP 547 m	5	95	
12940/7	Siechen-T. Vorfluter	3	97	
11866/4	Pointmühl-B., HP 547 m	3	97	40,9 %
11867/2	E' Zulauf Pointmühl-B., HP 547,1 m	3	97	silberhaltige
11873/3	Silberbrunn-B., Pilmersreuth a.W.	3	97	Goldkörner
				52,3 % silberfreie Goldkörner

Die Silbergehalte wurden im Rasterelektronenmikroskop mit einer EDX-Analytik gemessen (von EG&G ORTEC, Typ: HNU X-ray System 5000) und anhand der Eichkurve eines Standards verschiedener Gold-Silber-Kupfer-Legierungen korrigiert.

*Tabelle 2:* Tabelle der Silbergehalte in angeschliffenen Goldkörnern im Vergleich zum Silbergehalt an ihrer Oberfläche sowie Goldkörner mit Spuren von Kupfer ( $\pm 1$  Gew.-%; Meßmethodik s. Tab. 1)

Probe-Nr./ Korn-Nr.	Lokalität	Ag [Gew.-%] an der Oberfläche	Ag [Gew.-%] im Kern	Cu nachweisbar (< 2 Gew.-%)
1401/5	Silber-B. am Silber-Br.	67	47	
11877/7	Pfarrbühl-B., Platzermühle	47	0	
11870/2	Mugl.-B., Wasserfall	40	0	
12940/5	Vorfluter der Siechen-T.	24	8	
11877/1	Pfarrbühl-B., Platzermühle	22	0	+
11868/2	Herren-B., E' Kesselwald	16	0	+
12940/2	Vorfluter der Siechen-T.	16	7	
11868/1	Herren-B., E' Kesselwald	>6	6	
12940/-	Vorfluter der Siechen-T.	6	2	+
12940/3	Vorfluter der Siechen-T.	1	0	+
12940/-	Vorfluter der Siechen-T.	0	0	
1248/2	Mugl.-B. S' Buchgütl	0	6	
11855/-	Kalmreuth, oberhalb Seifenhügel	0	14	

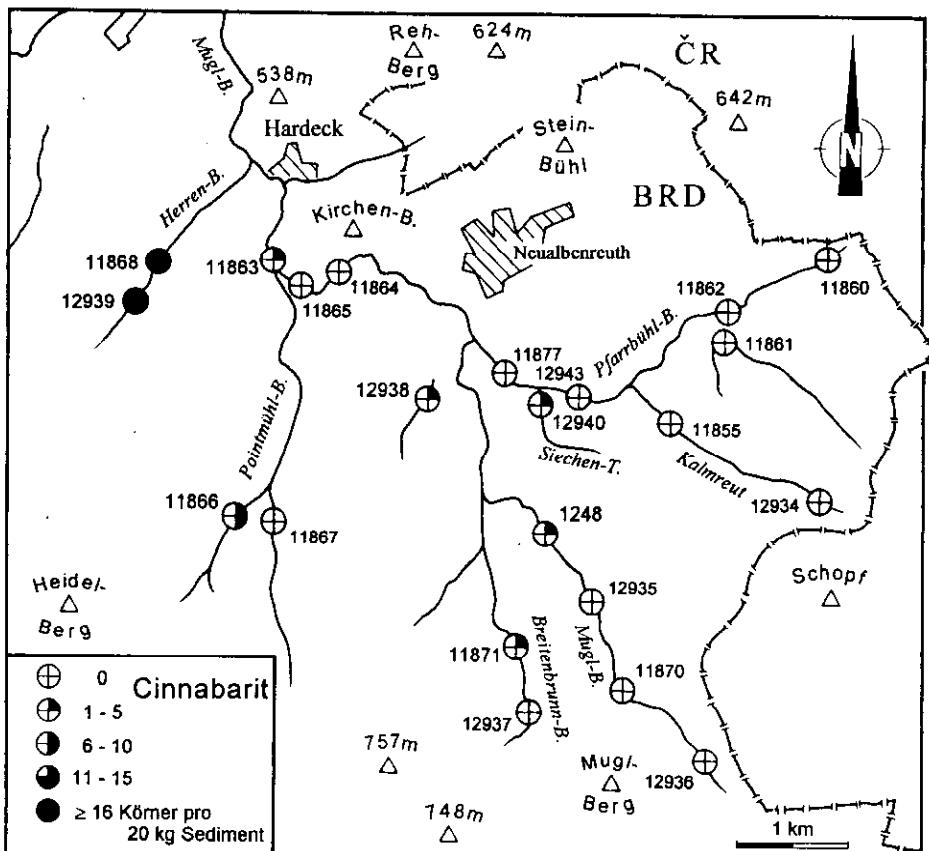


Abb. 5. Karte der Cinnabaritanomalien im Untersuchungsgebiet. Es wurden jeweils 20 kg Sediment der Siebfraktion < 2 mm untersucht.

ben: es tritt „ganz selten“ auf) und wird ebenso selten beschrieben (EPPINGER 1993; GRUNEWALD, FRÖBER & GERLACH 1996: 28). Der paragenetisch dazugehörige Antimonit (SCHNEIDERHÖHN 1941, 1962; MATTHES 1990) konnte im Untersuchungsgebiet nicht nachgewiesen werden.

Die größte Cinnabaritanomalie tritt im Bereich des Herren-Bachl auf (Abb. 5 und Tab. 3). Ansonsten fällt noch eine Probe am Pointmühl-Bach auf (Probe-Nr. 11866). Aufgrund der geringen mechanischen Resistenz könnten die im Bach erhaltenen Körner auf eine größere Vererzung hinweisen. Im Fall des Herren-Bachl muß diese das Tal von Motzersreuth kreuzen und angeschnitten sein, sie konnte aber nicht lokalisiert werden.

*Tabelle 3:* Ergebnisse der Bachsedimentuntersuchung für die Verteilung von Cinnabarit

Probe-Nr.	Lokalität	Probemenge gesamt [kg]	Feinkornanteil <2 mm [kg]	Anzahl der Cinnabaritkörnchen	Anzahl auf 20 kg berechnet
12937	Breitenbrunn-B., am Brunnenhaus	105	22	—	—
11871	Breitenbrunn-B., „Froschfelsen“	90	20	2	2
12939	Herren-B., S' Kesselwald	103	19	40	42
11868	Herren-B., E' Kesselwald	50	10	30	60
12936	Mugl-B., E' Muglberg	84	20	—	—
11870	Mugl-B., Wasserfall	99	20	—	—
12935	Mugl-B., W' Altmugl	137	22	—	—
1248	Mugl-B., S' Buchgütl	99	24	1	1
11864	Mugl-B., Burgholz	27	2,5	—	—
11865	Mugl-B., Troglauer Mühle	65,5	21	—	—
11863	Mugl-B., nach Mündung Pointmühl-B.	140,5	26	2	2
12940	Siechen-T. Vorfluter	134	20	1	1
11867	Pointmühl-B., E' Zulauf HP 547,1 m	65	21	—	—
11866	Pointmühl-B., HP 547 m	92	20	9	9
12938	Rothmühle	93	25	1	1
<b>Summen</b>		<b>1384</b>	<b>292,5</b>	<b>86</b>	

Cinnabarit erscheint in Form von deutlich gerundeten, spröd gebrochenen Körnchen von 0,1 bis 0,2 mm Größe (Abb. 6). Das größte Korn erreicht 0,5 mm. Es sind stets Einkristalle, deren Spaltbarkeit durch treppenförmige Ausbrüche erkennbar ist. Häufig sind Verwachsungen mit Quarz (idiomorphe Kristalle) zu beobachten. Im Rasterelektronenmikroskop (REM) sieht die Oberfläche des Cinnabarits sehr unterschiedlich aus. Meistens erscheint sie rauh, porös und nur die Spaltflächen oder Verwachsungsflächen sind glatt.

Bezüglich des angenommenen äquimolaren Verhältnisses von Quecksilber zu Schwefel in Cinnabarit sind die gemessenen Hg-Gehalte (EDX-Analytik im REM)

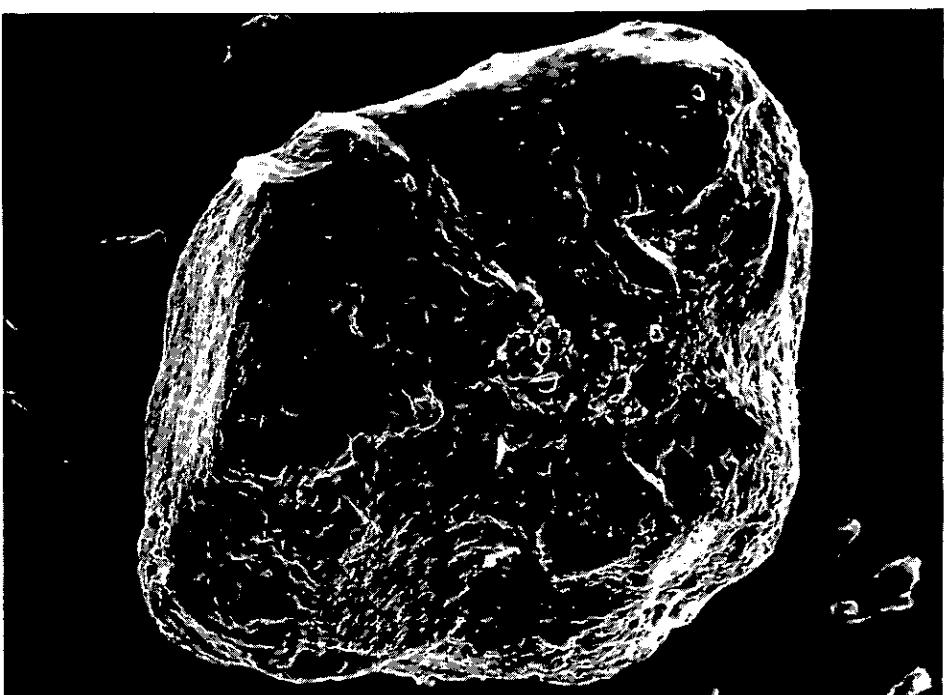


Abb. 6. Cinnabaritkorn mit rhomboedrischen Habitus (REM-Aufnahme, Kornbreite = 0,25 mm; Probe 11868 Korn 7 aus dem Herren-Bachl östlich vom Kesselwald).

durchschnittlich um 25 Gew.-% zu niedrig. Durch Laugung des Quecksilbers entsteht einen schwefelreicher Mantel, was durch die Messung von 10 Anschliffpräparaten bestätigt wurde. Neben Hg und S ist immer ein geringer Anteil an Quarz meßbar ( $\text{Si} \leq 5$  Gew.-%), sowohl im Kern- wie im Randbereich.

#### 4. Weitere Schwerminerale

Bei diesen Untersuchungen wurden die Schwerminerale berücksichtigt, die nach der Abtrennung der Glimmer sowie des Sillimanits übrig blieben (Auswaschen auf dem Porzellanteller, Methodik s. LEHRBERGER: dieser Band). Das Mengenverhältnis wurde optisch, semiquantitativ bestimmt. Meistens bilden Granat und Turmalin die größte Fraktion, weil sie in den Verwitterungsdecken und Bachsedimenten angereichert sind. So ist Granat auch im Bereich der granatarmen Quarzite ein Hauptbestandteil der Seifen.

Cassiterit tritt in seiner typischen ditetragonal-dipyramidalen Kristallform oder in Form muscheliger Bruchstücke auf. Die Farben variieren zwischen gelbbraun und einem dunklen Honiggelb. Alle Kristalle sind trüb bis durchscheinend und erreichen Korngrößen bis zu 0,6 mm. Im Mugl-Bach treten die größten und am besten ausgebildeten Kristalle auf. Die Bachsedimentanalysen der PREUSSAG AG (unveröff. Gutachten) zeigen für die Kalmreut und den Oberlauf des Mugl-Baches Zinngehalte von bis zu 2000 bzw. 1140 ppm. Die geochemischen

Analysen der Gesteine von RICHTER & STETTNER (1993) ergaben nur Zinngehalte um 8 ppm, so daß die Anreicherung in den Seifen bemerkenswert ist.

Hämatit ist entlang der tertiären Kiese und Sande bei Kappl, Schachten und am Kesselwald auch in den Bächen zu finden. Es sind zehntelmillimeter-kleine, derbe Körnchen und Schüppchen (Hämatitkristalle).

Arsenopyrit konnte im Bereich der alten Zechen am Unteren Brand aus den Schwermineralkonzentraten des Pfarrbühl- und Mugl-Baches separiert werden. Der Eintrag muß hier über das sandige Haldenmaterial aus dem untertägigen Bergbau erfolgt sein. Arsenopyrit ist stets schwarz angelaufen und kann nur an seiner Morphologie erkannt werden. Die spitzen und monoklinprismatischen Formen und die eigentlich typische Streifung sind selten ausgebildet. Die Größe beträgt wenige Zehntelmillimeter.

Pyrit tritt in bis zu 0,5 mm großen Kuben auf, die rostig angelaufen sind. Er kommt zusammen mit Arsenopyrit im Bereich der alten Halden vor. Der Fund im Bärenloh-Bach (Probe 11872), der jedoch abseits von Halden gemacht wurde, kann als direkter Hinweis auf eine oberflächennah anstehende Vererzung angesehen werden.

Scheelitkörper sind unregelmäßig rundlich geformt und milchig trüb. Das Mineral tritt in vier Proben auf, davon stammen drei aus dem Mugl-Bach und eine aus dem Neugrün-Bach im Bereich der unteren Bartwiese (Probe 1246). Im Mugl-Bach setzt die Scheelitführung erst südlich des Buchgütl (Probe 1248) ein und ist dann bis zur Einmündung des Pointmühl-Baches in den Mugl-Bach (Probe 11863) nachzuweisen. Durchschnittlich konnten 5 bis 10 Körnchen separiert werden. Die geochemische Analyse der Wolframgehalte in den Bachsedimenten durch die PREUSSAG AG ergaben bis zu 80 ppm für die Sedimente des Herren-Bachls und sogar 1700 ppm nördlich der Troglauer Mühle, wobei Wolframit bzw. Scheelite nicht unterschieden wurde. Weitere Wolframanomalien wurden von der PREUSSAG AG im Pfuder-Bach und Fraisch-Bach lokalisiert. Die Scheelitführung setzt offensichtlich im Bereich der Mähringer Störung ein, die von Maiersreuth über die Muglmühle das Kartenblatt Neualbenreuth durchschneidet. Hier liegen auch die Wolframitvorkommen des Sibyllenbades und die erbohrten Wolframitgänge der Wasserbohrungen an den Steiners-Teichen und beim Brighammer (südlich der Rennermühle). Parallel zu diesem Lineament liegt ein weiteres im SW. Es beginnt SE von Wernersreuth und reicht über Poppenreuth hinaus. Hier wurde eine Wolframanomalie im Egermühl-Bach, Kornmühl-Bach, Bärenloh-Bach und Silberbrunn-Bach geochemisch erfaßt (unveröff. Gutachten der PREUSSAG AG, vgl. RICHTER & STETTNER 1993: Abb. 2).

Außerdem sind Anatas, Ilmenit, Magnetit, Zirkon und Apatit als übliche Bestandteile der Seifen zu nennen.

## 5. Die Goldlagerstätte Churfürst am Unteren Brand

Der „Untere Brand“ ist ein Teil eines 2 km langen und rund 800 m breiten Höhenrückens, auf dem im 16. und 19. Jh. intensiv nach Gold gesucht wurde (Abb. 7, im Vgl. dazu Abb. 11). Weitere, ebenfalls historisch bekannte Lokalitä-

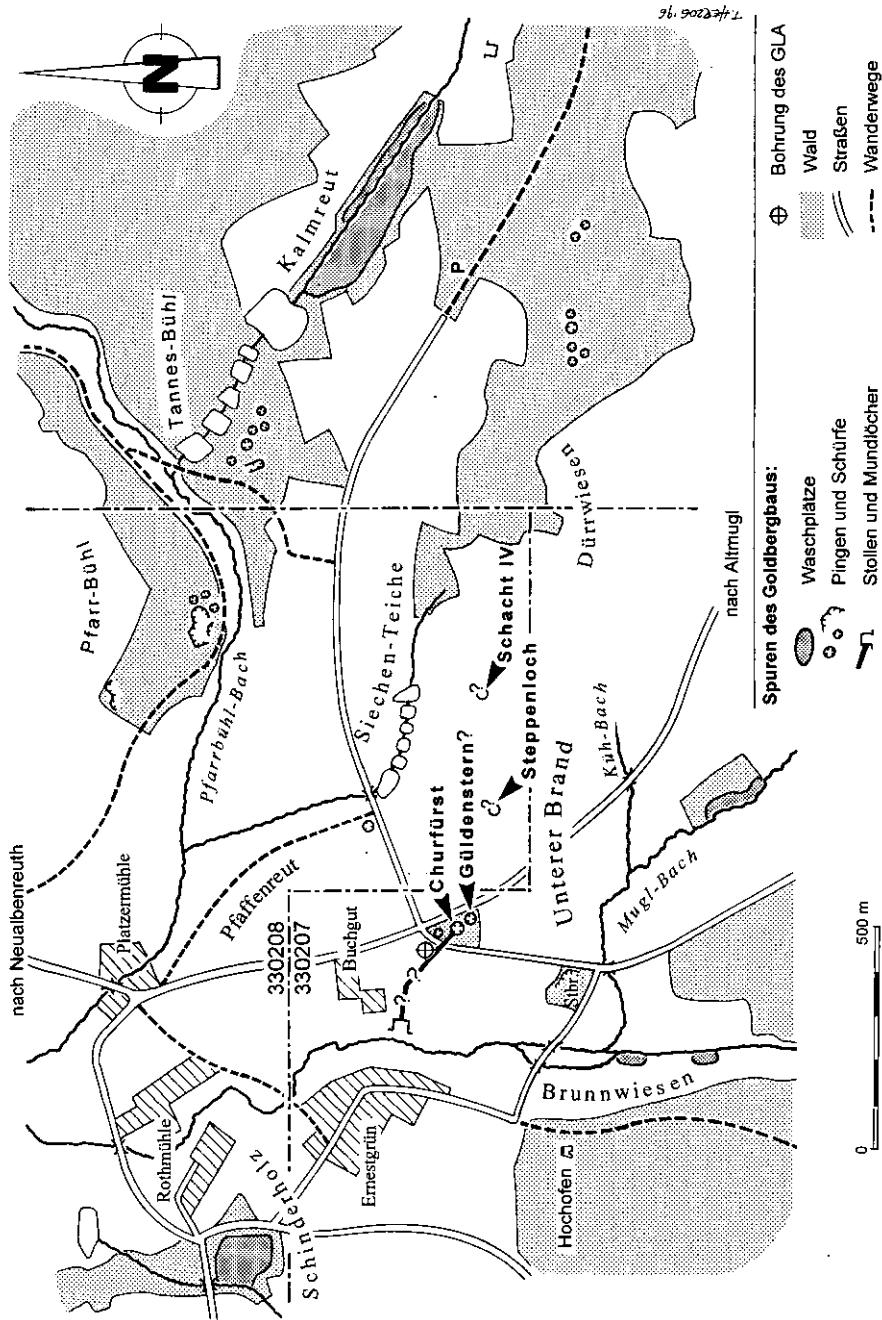


Abb. 7. Karte des Unterer Brandes und seiner Bergbauspuren bzw. der rekonstruierten Positionen der ehemaligen Grubengebäude.  
Das Bergwerksfeld 330207 entspricht der Zeche Churfürst, das Feld 330208 dem Güldenstern.

ten wie die Siechen-Teiche, die Pfaffenreut, die Bruderau und andere liegen auf oder an demselben morphologischen Höhenzug. Die Goldvererzung am Unteren Brand bildet die reichste Lagerstätte im Talkessel von Neualbenreuth.

### 5.1. Geologie des Unteren Brandes

Die Gesteine im Umfeld der Lagerstätte des Unteren Brandes wurden von GAERTNER (1942) als „Altmugl-Serie“ bezeichnet. Nach der stratigraphischen und geochemischen Profilierung des Waldsassener Schiefergebirges durch RICHTER & STETTNER (1993) gehören die Gesteine zu den Neualbenreuther Schichten (Abb. 3).

Aus dem Bereich der Zeche Churfürst wurde vom BGLA freundlicherweise ein 70 m langer Kernmarsch zur Verfügung gestellt (Ansatzpunkt der Bohrung in Abb. 6). Die im Bohrkern angetroffene Lithologie besteht vorwiegend aus Quarziten, in die vereinzelte bis zu 10 cm mächtige Glimmerschieferlagen eingeschaltet sind. Die Quarzite besitzen eine sedimentäre Wechsellagerung von 0,5 bis 2 mm dicken Psammitlagen und zehntelmillimeter-dünnen Einschaltungen von Peliten. Die Wechsellagerung ist meist nur über einige Zentimeter, selten über einige Dezimeter rhythmisch, dann erfolgt ein deutlicher Wechsel im Anteil der Pelite. Das Verhältnis Psammit : Pelit beträgt in etwa 2 : 1 bis 3 : 1. Die Bohrkerne lösen meist entlang der Glimmerlagen oder der Hauptschieferung ( $s_2$ ) ab, die reinen Quarzitlagen brechen unregelmäßig scharfkantig. Die Quarzitlagen sind grauweiß oder hellbraun und zeigen Korngrößen zwischen 0,02 und 0,5 mm, selten bis zu 1 mm. Die pelitischen Lagen bilden silbriggraue Tapeten aus Biotit und untergeordnet Muskovit mit Kristallen bis zu 1 mm Durchmesser. Granat tritt selten und nur in den pelitreichereren Bereichen auf. Außerdem sind vereinzelte, lagenweise Anreicherungen von Turmalin festzustellen.

Die Tektonitgefüge zeigen eine 40–50° nach NW einfallende Hauptschieferung  $s_2$ , mit einem Maximum der  $b_2$ -Achsen um 245/10. Diese durchdringt transversal und in unterschiedlichen Schnittwinkeln eine ältere Schieferung  $s_1$ . Die planaren  $s_1$ -Gefüge liegen wesentlich flacher, meist parallel zu dem sedimentären Lagenbau ss und fallen nach NW ein. Beide Gefüge werden durch eine dritte Deformation  $s_3$  sigmoidal verkrümmt. Deren Einfalten liegt zwischen der  $s_1$ - und der  $s_2$ -Schieferung. Das Einfalten aller drei Gefüge, besonders aber das der Hauptschieferung  $s_2$ , wird von den gesteinsmechanischen Eigenschaften der psammopelitischen Wechselsequenz bestimmt.

Nach den gefügeprägenden Deformationen der Gesteine im duktilen Zustand erfolgte ein polyphase Bruchtektonik. Für die Lagerstättenbildung sind deshalb Klüfte von besonderer Bedeutung, weil diese die nötige Wegigkeit für eine hydrothermale Zirkulation öffneten. Zweitens kann bereits makroskopisch eine intensive Imprägnation des Nebengesteins parallel der Klüfte sowie entlang der Hauptschieferung  $s_2$  beobachtet werden. Die Brüche zeigen eine Extension des Gebirges an, wobei ein Teil der Bewegungen auch entlang der vorgezeichneten Gefüge stattfand. Dabei wurden einzelne Gesteinskörper zwischen den Klüften und entlang der planaren Gefüge isoliert, so daß es zur Bildung von Gangtrümmern kam. Daneben ist in mehreren Fällen ein s-paralleles Aufreißen des Gefüges mit einer Gangbildung zu beobachten (vgl. WURM 1928: 5–6). Insgesamt

ist der relative Bewegungssinn an den Klüften und entlang der Hauptschieferung oder des sedimentären Lagenbaus als extensionale, synthetische Abschiebung nach W zu verstehen.

Weil am Unteren Brand keines der alten Bergwerke zugänglich ist, bleibt zur Beschreibung der Lagerstätte nur eine Auswertung der alten Gutachten, der Literatur und der eigenen Proben übrig. Die Gutachter der 20er und 30er Jahre gingen zuerst von einem stratiformen Lager („Flöz“) aus, das scheinbar an Verwerfungen versetzt wird und deshalb nur schwer zu verfolgen war (FEIGE 1919: 1; BÜRKLEIN 1920: 6; GAERTNER 1937). Die Verwerfer konnten allerdings nicht ausgemacht werden, auch nicht durch zu diesem Zweck angelegte Schürfe quer zum Hauptstreichen. WURM (1928: 5) berichtigt deshalb, daß er die angenommene „plattenförmige“ Ausdehnung eines Lagers nicht bestätigen kann. Nach seiner Beschreibung handelt es sich um unregelmäßig verteilte, intensive Imprägnationen mit „rosenkranzförmig aneinander gereihten“ Erzknollen, die im Abstand von 10 bis 30 cm innerhalb der Hauptschieferung aneinanderliegen (WURM 1928: 6). Diese Beschreibung spricht für eine boudinierte, gangförmige Lagerstätte und eine intensive schieferungsparallele Imprägnation ihres Nebengesteins. Mit der Bohrung des GLA am Buchgütli wurden zwar die pelitreichen Quarzite durchteuft, in denen die Zeche Churfürst zum Abbau der Arsenopyrit-Knollen angelegt war. Die Knollen selbst wurden jedoch nicht angetroffen, was als weiterer Beleg gegen eine regelmäßige laterale Erstreckung eines „Knollen-Lagers“ zu verstehen ist.

## 5.2. Geochemie

An geochemischem Datenmaterial zu der Goldlagerstätte Churfürst am Unteren Brand stehen die dokimastisch ermittelten Goldgehalte aus den Gutachten der 20er und 30er Jahre zur Verfügung sowie die mit RFA gemessenen Goldgehalte aus Publikationen der 80er und 90er Jahre. Von der Bohrung des BGLA am Buchgütli wurden die Teufen 50–70 m auf Gold, Silber, Arsen, Antimon und Quecksilber geochemisch untersucht (Tab. 4 und Abb. 8). Die dabei gewonnenen Ergebnisse werden im folgenden Text mit den älteren Angaben verglichen.

Die Analyseergebnisse für Arsen weisen ebenso wie die Daten aus der Literatur eine deutliche Arsen-Anomalie aus. Der Arsengehalt schwankt zwischen 9 und 399 ppm (Analytikmethode: FAA).

Die Goldgehalte erreichen nur in einem Fall 74 ppb (Analytikmethode: FADCP). Für das „Fehlen“ der erwarteten Goldanomalie mit ppm-Gehalten, wie sie aus den historischen Gutachten bekannt ist, kann es zwei Gründe geben. Die neuen Daten der Literatur könnten anhand nicht statistisch ausgewählter Proben ermittelt worden sein, sie decken sich jedoch mit den hier ermittelten Elementgehalten. Es ist deshalb wahrscheinlicher, daß die goldhöffigen Bereiche oberhalb der geochemisch analysierten Teufen liegen oder von der Bohrung gar nicht durchteuft wurden. Die Analyseergebnisse der alten Gutachten zeigen nämlich deutlich, daß mit der Verwitterung das Gold angereichert wird und die Gehalte nach GAERTNER (1937: 13) „unter dem Rasen“ (Zementationszone) immer am höchsten sind. In den Gutachten von GAERTNER (1935: 7) werden Werte zwischen 0,15 und 73,8 ppm angegeben. WURM (1928: Tab. 2) beschreibt für eine Schurfprobe

aus 1,2 m Tiefe sogar 2600 ppm! Der Faktor zwischen den alten und den neuen Daten beträgt über 2500. Aus diesem Grund werden die historischen Daten im folgenden Text nicht berücksichtigt. Die überschlägig berechneten Goldgehalte aus der Schwermineralaufbereitung der Bohrkerne (s. 5.3.) ergeben 1,6 und 9,6 ppb.

**Tabelle 4:** Ergebnisse der geochemischen Analyse der Kernmeter 50–51 m bis 69–70 m auf Gold, Arsen und Quecksilber (Ergebnisse der Firma XRAL/Kanada)

Zum Vergleich folgen Angaben für den Raum Neualbenreuth aus der neueren Literatur sowie die Clarke-Werte nach MASON & MOORE (1985: 46–47)

Teufe [m]	Au [ppb]	As [ppm]	Hg [ppb]
50–51	7	12,2	16
51–52	<5	9,9	17
52–53	<5	13,6	14
53–54	<5	18,8	25
54–55	<5	16,6	16
55–56	<5	38,1	25
56–57	<5	44,9	28
57–58	74	92,0	6
58–59	<5	127	12
59–60	<5	116	8
60–61	<5	313	28
61–62	<5	26,3	11
62–63	<5	16,0	17
63–64	5	399	15
64–65	<5	171	9
65–66	<5	9,2	<5
66–67	<5	13,1	13
67–68	<5	13,8	6
68–69	<5	26,0	<5
69–70	<5	12,7	6
RICHTER (1986)	0,4–3,5	„erhöht“	–
RICHTER & STETTNER (1993)	≤0,3–3,8	≤2–97	–
Clarke-Werte	4	1,8	80

Obwohl Silber das Gold paragenetisch begleitet, konnte es nicht nachgewiesen werden (Analytikmethode: AA, Nachweisgrenze = 0,2 ppm).

Die Quecksilbergehalte erscheinen im Vergleich zu dem Clarke-Wert von 80 ppb relativ gering. Sie erreichen lediglich 28 ppb (Analytikmethode: Naßchemie, Nachweisgrenze = 0,3 ppb). Ansonsten liegen keine Daten über Quecksilber in den Gesteinen von Neualbenreuth vor. Die regelmäßig durchgeföhrten hydrochemischen Analysen der Katharinenquelle (Bohrung T1) konnten bisher kein Quecksilber nachweisen.

Antimon soll nach RICHTER (1986: 57) bei intensiver Hämatitisierung der Gesteine Werte bis zu 50 ppm erreichen. Im Bohrkern vom Buchgütli wurde die Nachweisgrenze von Antimon = 0,1 ppm nicht erreicht (Analytikmethode: FAA).

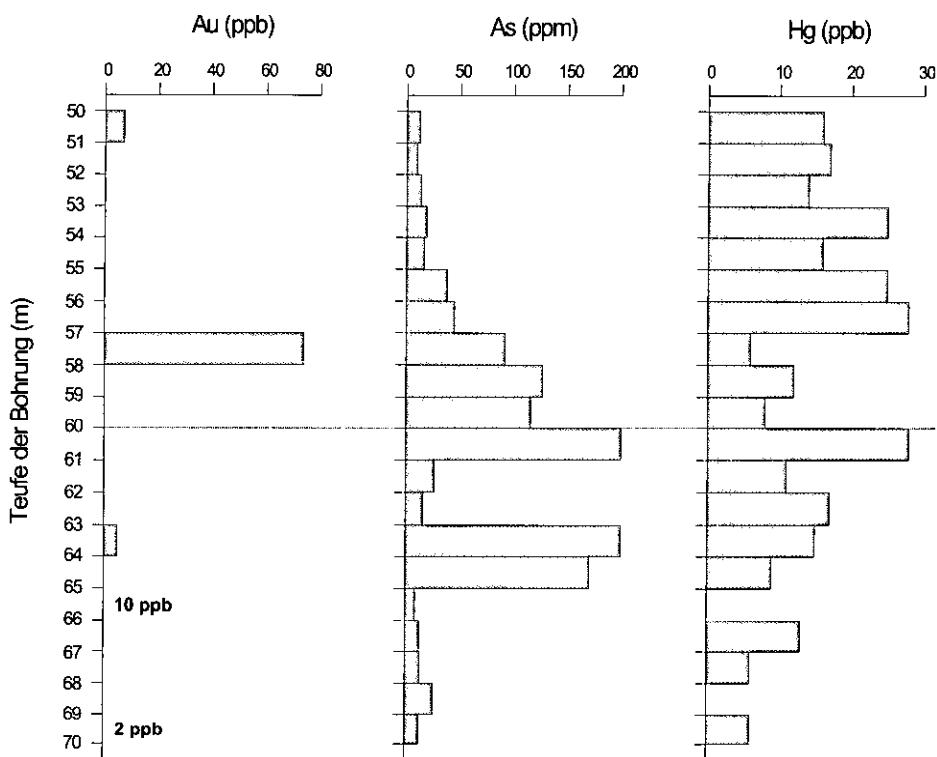


Abb. 8. Histogramm der geochemischen Analyseergebnisse für Gold, Arsen und Quecksilber der Teufen 50–70 m. Die geochemisch ermittelten Goldgehalte sind an den Pfeilen durch die berechneten Goldgehalte der Schwermineralseparation ergänzt (überschlägige Berechnung aus dem Kornvolumen und der Probemenge).

### 5.3. Gold- und Schwermineralseparation

Zur Separation des Goldes und der Schwerminerale aus den Bohrkernen wurde nach der Methode von LEHRBERGER (1986) vorgegangen. Von der Teufe 0 bis 16 m wurde das Lockermaterial und von 16 m bis zur Endteufe ca.  $\frac{1}{4}$  des Volumens des festen Bohrkerns im Backenbrecher zerkleinert. So konnten aus den ersten 16 m ca. 12 kg und aus den restlichen 54 Kernmetern ca. 1,5 bis 2 kg Probenmaterial pro Kernmeter gewonnen werden. Das Brecherklein, das meist im Bereich der Sandfraktion lag und maximale Korngrößen von 5 mm erreichte, wurde anschließend wie die Bachsedimentproben gravitativ mit der Waschpfanne getrennt. In Teufen mit Kernverlusten blieb die verfügbare Probenmenge entsprechend gering. Insgesamt wurden 9 Goldkörner aus zwei Kernabschnitten (65–66 m und 69–70 m) separiert sowie ein umgelagertes Goldkorn in der Verwitterungsdecke, das im Weiteren nicht berücksichtigt wird. Ihre Korngrößen betragen zwischen 0,02 und 0,3 mm.

Alle Goldkörner aus den Bohrkernen besitzen die gleiche Morphologie (Abb. 9). Ihre Gestalt ist plattig und der Umriß ist rundlich. Die Ränder sehen eingrissen und die Oberflächen schuppig aus, wobei die Schuppen dachziegelartig

in eine Richtung orientiert sind. Die Schuppen sind porös wie ein Bimsstein. Diese Morphologie ist völlig anders als die der eluvialen Goldkristalle und -körner in den Bachsedimenten. Möglicherweise bilden sie die schiefrale Form einer Bewegungsfläche nach, auf dem das Gold gewachsen ist (als Negativabdruck). Oder die schuppige Oberfläche deutet auf eine Scherung der Körner im Gestein hin.

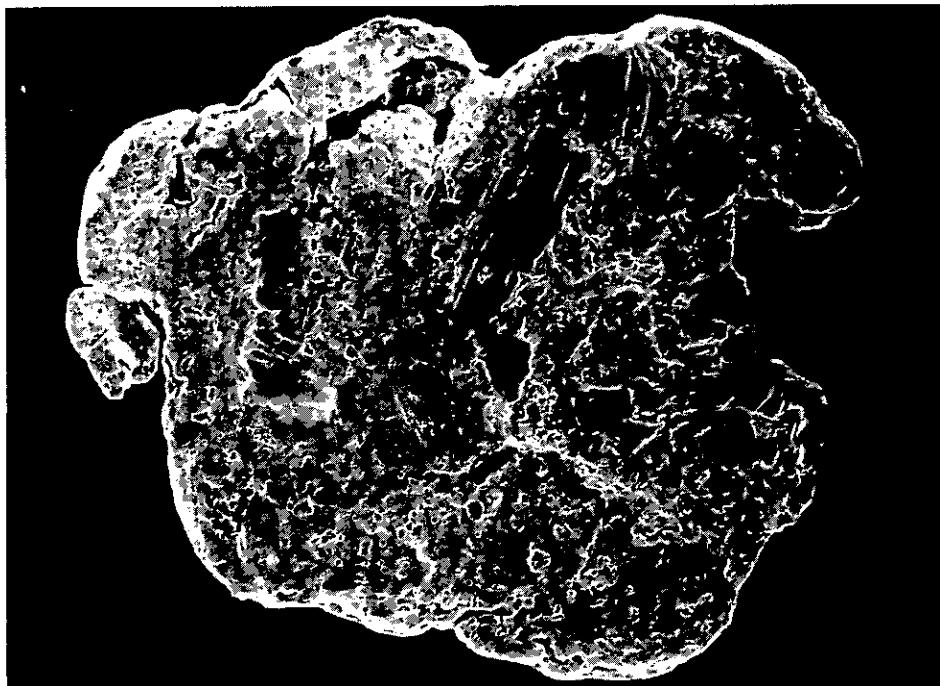


Abb. 9. Goldkorn aus dem Bohrkern des GLA von der Goldlagerstätte Churfürst am Unteren Brand/Neualbenreuth (REM-Aufnahme, Kornbreite = 0,27 mm; Korn 2 aus dem Kernabschnitt 65–66 m).

Zur Untersuchung der chemischen Zusammensetzung wurden 4 der 9 Goldkörner in Kunstharz eingebettet, angeschliffen und poliert. Die innere Struktur dieser Körner sieht körnig oder „griesig“ aus und ist mit aderartigen, feinen Kanälen durchzogen. Bei der Messung mit der Analytik (EDX) des Rasterelektronenmikroskops ist weder auf der Oberfläche noch im Inneren der Körner Silber festzustellen. Weil die eluvialen Goldkörner im Gebiet von Neualbenreuth meist einen Silbergehalt aufweisen, muß das Silber aus diesen, frisch aus dem Gestein gebrochenen Körnern bereits durch zirkulierende Wässer ausgelaugt worden sein. Ein Vergleich der EDX-Spektren, die in angeschliffenen Goldkörnern aus dem Bohrkern und der Seifen gemessen wurden, zeigt einen erheblichen Unterschied zwischen beiden. Während sich der Untergrund im Spektrum des Seifengoldes exponentiell der x-Achse nähert, zeigt das Spektrum des Goldes aus den Bohrkernen einen ungewöhnlich hohen Anstieg zu den Linien von Kupfer und den L-Linien von Gold. Dabei ergibt sich ein reproduzierbarer Kupfergehalt von bis zu 5 Gew.-%. Die Morphologie und die chemische Zusammensetzung sprechen dafür, daß es sich bei den Goldkörnern aus dem Bohrkern um eine Generation handelt, die nicht mit dem Seifengold vergleichbar ist. Die Goldkörner sind in ihrer

Gestalt den Exemplaren sehr ähnlich, die von MORÁVEK et al. (1992: 237 und Anhang XII) als Körner aus einer karbonen Paläoseife beschrieben werden und die Lithifizierung der Gesteine miterlebten.

Die Auswertung der Schwerminerale zeigt, daß es sich um eine polymetallische Lagerstätte handelt und nicht, wie bisher beschrieben, um eine reine Goldlagerstätte. Die vorhandenen Paragenesen zeigen deutlich eine Abnahme der jeweiligen Bildungstemperaturen und weisen damit auf eine polyphase Genese hin. Diese wird im Punkt 5.4 ausführlich beschrieben. In den Anschliffpräparaten der Schwermineralkonzentrate aus den Bohrkernen sind folgende Paragenesen zu erkennen:

- Pyrrhotin in Arsenopyrit,
- Pyrrhotin und Galenit in Arsenopyrit,
- Sphalerit mit Chalkopyrit und Arsenopyrit,
- xenomorpher Arsenopyrit in Pyrit,
- idiomorpher Arsenopyrit und idiomorpher Pyrit,
- Verwachsung von Markasit und Pyrit,
- Graphit verwachsen mit Galenit,
- Ilmenit, stets alteriert und mit Rutilnadeln und Sternen (Sagenitgitter),
- sowie Leukoxen, Anatase und Bruchstücke von Magnetit.

Cassiterit tritt nur in zehntelmillimeter-großen Körnchen auf und ist deshalb mit dem Binokular nicht eindeutig erkennbar. Im Rasterelektronenmikroskop kann er mit der angeschlossenen EDX-Analytik identifiziert werden. Die Häufigkeit und Verteilung kann nur nach einer geochemischen Analyse auf Sn angegeben werden.

Pyrit ist das häufigste Sulfiderz. Das Eisensulfid tritt in idiomorphen Kristallen (Würfel und Kuboktaeder) sowie als mikrokristalline, derbe Masse auf. Auch in stark limonisierten Bereichen bleiben noch rostige Relikte erkennbar, ansonsten ist das Mineral in frischem Zustand an seinen typischen Kennzeichen gut zu erkennen. Die Kristallgrößen erreichen bis zu 2 mm.

Arsenopyrit ist nach Pyrit das zweithäufigste Sulfiderz. Er kommt meistens in Form monoklinprismatischer Kristalle mit gestreifter Oberfläche vor, sowie nadelig oder derb. Die größten Kristalle erreichen bis zu 1 mm. In limonisierten Bereichen ist das Mineral schwarz angelaufen, ansonsten zeigt es seinen metallischen Glanz und die stahlgraue Farbe.

Galenit kommt häufig mit Sphalerit verwachsen vor. Die Kristalle erreichen Korngrößen von einigen Zehntelmillimetern. Aufgrund der schwierigen Identifizierung der winzigen Galenitkristalle muß die Verteilung und die Häufigkeit aus den Bleigehalten abgeleitet werden.

Sphalerit tritt mit Galenit verwachsen auf. Trotz seines Blendeglanzes ist er nur schwer zu erkennen und die Korngrößen erreichen nur wenige Zehntelmillimeter. Die anderen mineralogischen Kennzeichen sind im Binokular nicht deutlich erkennbar. Für Sphalerit gilt wie für den paragenetisch verbundenen Galenit, daß zur Bestimmung der Verteilung und der Häufigkeit eine geochemische Analyse nötig ist.

Mit der kurzwelligen UV-Lampe konnte in den Schwermineralkonzentraten in den Bohrmetern 2–3 m, 9–10 m und 63–64 m Scheelit nachgewiesen und mit der Analytik (EDX) überprüft werden. Die vereinzelten, zehntelmillimeter-kleinen Körnchen sind rundlich und unregelmäßig geformt. Sie sind milchiggrüb mit mattem Glanz.

#### 5.4. Erzmikroskopische Untersuchungen

Für die erzmikroskopischen Untersuchungen wurden freundlicherweise von Herrn Dr. ROSE (Regensburg), Dr. GEISS (BGLA München) und aus der Sammlung der TU München goldführende Erzproben zur Verfügung gestellt. In den Anschliffen von Bohrkernproben konnte kein Gold entdeckt werden.

In den Erzanschliffen aus den Bohrkernen sind innerhalb der Hauptschieferung sowie im Gestein selbst verkrümmte Graphittäfelchen und xenomorpher Chalkopyrit zu beobachten. Arsenopyrit tritt nur als schieferungsparallele Vererzung in  $s_1$  und  $s_2$  auf. Entlang von Klüften sind fast ausschließlich Pyrit vorhanden sowie vereinzelt Galenit und Sphalerit. Insgesamt ist nur wenig Arsenopyrit im Verhältnis zu dem reichlich vorkommenden Pyrit zu beobachten. Pyrit erscheint in mindestens drei Generationen, wobei die jeweils jüngere Generation idiomorph innerhalb kataklasierter, pyritreicher Klüfte und  $s$ -Flächen wächst. Die jüngste Pyritgeneration zeigt ein xenomorphes, skelettartiges Wachstum. Von den Gängen und den Gangtrümmern dringt eine intensive Imprägnation in die pelitischen Lagen hinein und ist lateral der Klüfte am deutlichsten ausgebildet. Die Pyritäderchen können zwischen den einzelnen psammopelitischen Lagen über mehrere Zentimeter weit vordringen.

Die Erzanschliffe der Arsenopyrit-Knollen bestehen aus Arsenopyrit mit vereinzelten Pyrit-Einsprenglingen, entlang von Rissen, und randlich ist Quarz erkennbar. Die Bezeichnung Arsenopyrit-Knolle ist nicht treffend. Die äußeren und inneren Formen zeigen vielmehr eine sigmoidale Verkrümmung ( $\delta$ -Struktur) und Boudinierung, die auch in den randlichen Gefügen der Knollen und in ihrem Nebengestein erkennbar ist. Unglücklicherweise wurde von den meisten Proben das Nebengestein so weit entfernt, daß die ursprünglichen Gefügebeziehungen schwer nachvollziehbar sind. Entsprechend der relativen zeitlichen Stellung können in den Boudins die folgenden Verwachsungen festgestellt werden:

1. Arsenopyrit I mit Einschlüssen elliptischer und polygonaler Pyrrhotinschmitzen, die reliktisch eine sigmoidale Krümmung nachzeichnen (diskordant zur Hauptschieferung  $s_2$ , subparallel zu  $s_1$ ),
2. kataklastische Zonen in der Knolle mit Pyrit I, der Arsenopyrit I verdrängt und und Risse in diesem füllt,
3. Arsenopyrit II ohne Pyrrhotin verheilt kataklasierten Pyrit I,
4. die Verwachsung von Arsenopyrit II und Pyrit I enthält Gold sowie Pyrit II und ist wiederum kataklastisch zerbrochen,
5. eine Pyrit III-Generation bildet ungestörte idiomorphe Kuben,
6. zusätzlich kann Pyrit als xenomorphe aderförmige Kluftmineralisation entlang der  $s_2$ - und  $s_1$ -Schieferung sowie feinster Risse parallel  $s_1$  beobachtet werden. Diese Generation ist teilweise deformiert oder auch ungestört.

7. Das Gold ist meistens in einer Paragenese mit Arsenopyrit und Pyrit zu finden (Abb. 1), in wenigen Fällen auch mit Arsenopyrit allein. Gold tritt in den Arsenopyrit-Knollen nur entlang von Rissen auf und konnte (bisher) nicht als Einschluß innerhalb des Arsenopyrit ausgemacht werden.
8. Die Gangart in den Rissen der Arsenopyrit-Knollen besteht aus Quarz. Häufig sind kokardenförmige Strukturen zu beobachten.

Zur zeitlichen Einordnung der lagerstättenbildenden Vorgänge ist die Unterscheidung von Deformation im duktilen Zustand und von späteren spröden Kataklasten entscheidend. Am Anfang steht die hochtemperierte Bildung von Pyrrhotin, der von Arsenopyrit I umwachsen, verdrängt oder als Kristallisationskeim benutzt wird. Das verfügbare Probematerial ermöglicht keine genaueren Aussagen zu diesem Geschehen. Die Arsenopyrit-Knollen sind durch die Boudinierung von Gängen entstanden, die ebenfalls bei hohen Temperaturen in einem duktilen Zustand erfolgte. Entsprechend der kaum erhaltenen Gefügebeziehungen am Probematerial ereignete sich diese Boudinage vor der  $s_2$ -Hauptschieferung, evtl. während der  $s_1$ -Deformation. Danach schließen sich eine Reihe „kälterer“, spröder Kataklasten an, zusammen mit einer Verdrängung von Arsenopyrit I durch Pyrit I sowie der Mobilisation von Arsenopyrit II. In diese Verwachsung ist erstmals das Gold einbezogen.

### 5.5. Genesemodell der Goldvererzung

Die geschilderten Beobachtungen werden im folgenden Genesemodell (Abb. 10) in die großregionalen Betrachtungen von DILL (1985), RICHTER (1986), STETTNER (1992) und RICHTER & STETTNER (1993) eingebunden.

Die Goldgehalte sind im Raum Neualbenreuth an die Paragenese von Arsenopyrit und Pyrit gebunden. Diese Paragenese tritt zum einen weitverbreitet als Imprägnation in den Nebengesteinen auf, wodurch in fast allen Bachsedimenten der Gegend Gold nachweisbar ist. Zum anderen sind die Goldvorkommen am Unteren Brand als lokale, besondere Anomalie zu verstehen, weil hier die goldführende Verwachsung in Form der mehrere zentimeter-großen Arsenopyrit-Knollen auftritt. Am Unteren Brand muß es sich um lateral beschränkte, linsen- oder gangförmige Erzkörper, eine schieferungsparallele Boudinage ehemaliger Erzgänge handeln. Das Nebengestein um die boudinierten Gänge, vor allem die Metapelite, ist intensiv mit Erz imprägniert. Dadurch entsteht nachträglich der Eindruck einer synsedimentär stratiformen Vererzung. Die duktile Boudinage der Knollen sowie der im Arsenopyrit enthaltene Pyrrhotin entstanden unter hochtemperierten Bildungsbedingungen. Das reliktische Gefüge, das von den Pyrrhotschmitzen nachgezeichnet wird, zeigt sigmoidale Krümmungen, die diskordant zur Hauptschieferung  $s_2$  und subparallel zu  $s_1$  liegen. Hohe Temperaturen traten in der variszischen Metamorphose auf und werden im Untersuchungsgebiet durch Staurolith, Andalusit und Sillimanit belegt. Die Untersuchung der Arsenopyrit-Knollen legt nahe, daß die Boudinage aus arsenopyritführenden Gängen entstanden ist, die mindestens prätektonisch zur Schieferung  $s_2$  (jungvariszisch) oder noch früher gebildet wurden.

Die folgenden Deformationen äußern sich in der Kataklyse der Erzknollen. In die Boudins dringen hydrothermale Lösungen ein und bilden die Verwachsung von

Pyrit mit Arsenopyrit. Es folgen weitere spröde Verformungen mit weiteren Pyrit- und Arsenopyritgenerationen, mit denen auch die Wegigkeit für Goldlösungen ermöglicht wurde. Eine zeitlich absolute Zuordnung war jedoch nicht möglich.

Das initiale Ereignis für die Goldlagerstätte war die Bildung einer Verwachsung von Arsenopyrit und Pyrit. Die danach stattfindende Goldanreicherung kann mit einer elektrochemischen Fällung (MÖLLER 1993; MÖLLER & KERSTEN 1994) erklärt werden. Dabei fungiert die Verwachsung der beiden Sulfidminerale als „Goldfalle“ gegenüber zirkulierenden, hydrothermalen Fluiden, weil sich zwischen Arsenopyrit und Pyrit ein elektrisches Potential bildet. Gold bevorzugt vor allem das Arsen-Eisensulfid zur Bindung (MÖLLER & KERSTEN 1994; FRIEDL, WAGNER & WANG 1995). In der Goldlagerstätte des Unteren Brandes könnte der Goldtransport als HS<sup>-</sup>-Komplex stattgefunden haben, zusammen mit anderen Ionen wie Blei und Zink (s. Paragenese Galenit mit Sphalerit). Die festgestellte weite Verteilung der Goldvorkommen zeigt, daß die Goldfallen von Arsenopyrit-Pyrit ebenso weitverbreitet sein müssen. Die bodengeochemischen Analyseergebnisse der PREUSSAG AG (unveröff. Gutachten) und von RICHTER (1986) zeigen ebenfalls eine allgemeine Arsenanomalie für den Raum Neualbenreuth. Das Gold könnte direkt aus dem umliegenden Nebengestein mobilisiert worden sein (mobilisierte Paläoseife nach PFEUFER 1960) oder einen magmatisch hydrothermalen Ursprung haben (variszischer Magmatismus nach RICHTER 1986).

Eine Möglichkeit, die Ereignisse zeitlich näher einzugrenzen, bietet RICHTER (1986). Er beschreibt zwei lagerstättentypische Ereignisse, wobei die erste Phase eine metallogenetische Spezialisierung von Sn, W, Bi, F, Li, Cs besaß und keine signifikante As-Dominanz zeigt (RICHTER 1986: 63). Mit dieser Phase könnten evtl. die Wolframitgänge am Sibyllenbad korreliert werden (ausführliche Beschreibung der Vererzung in MAIER & MEISSER 1995). Auch STUMPF (1985: 106) geht von einer Bildung der Gänge nach der Platznahme der jüngsten variszischen Granite aus, konnte in seinen Proben aber lediglich ein einziges Goldkörnchen nachweisen. Aus der Buchgüt-Bohrung wurden zwar einige wenige Scheelitkörner separiert, jedoch passen die hohen Bildungstemperaturen der zuvor beschriebenen Wolfram-Paragenesen insgesamt nicht zum Unteren Brand. Deshalb sollten die beiden Lagerstätten Unterer Brand und Sibyllenbad getrennt betrachtet werden, trotz ihrer räumlichen Nähe. Die zweite Phase zeichnet sich dagegen durch eine As-Dominanz aus (RICHTER 1986). Die postgranitischen Ereignisse unterscheiden sich von der ersten Phase durch erhöhte Gehalte von Cu, Pb, Zn, U, F und z. T. Sb. Im Vergleich stimmt die polymetallische Lagerstätte vom Unteren Brand gut mit der postgranitischen hydrothermalen Phase nach RICHTER (1986) überein. Die von RICHTER (1986) festgestellte As-Anomalie könnte mit der Alteration und Mobilisation der Arsenopyrit-Erzkörper erklärt werden, zumal RICHTER (1986: 63) eine zeitgleiche „starke Alteration“ der Gesteine beschreibt.

Nach dem Abschluß der variszischen Tektogenese und der Hebung der Böhmisches Masse führten die exogenen Kräfte den Goldzyklus weiter, mit der Bildung sekundärer Lagerstätten. Seit dem Perm, während der Trias, der Kreide und dem Tertiär führten parallel dazu z. T. heftige endogene Prozesse zur Zirkulation hydrothermaler Lösungen (DILL 1985: 331) und beschleunigten die Erosion der Gesteinsformationen (z. B. mesozoische Konglomerate im Vorland). Im Raum Neualbenreuth war und ist die Mähringer Störung zusammen mit ihren Quer-

strukturen aktiv. Durch die Verwitterung der Gesteine an der Oberfläche und entlang der Klüfte wurde das Gold aus seiner Paragenese mit den Sulfiderzen freigesetzt und wird mechanisch beständig in den Fließerden und Bachsedimenten angereichert.

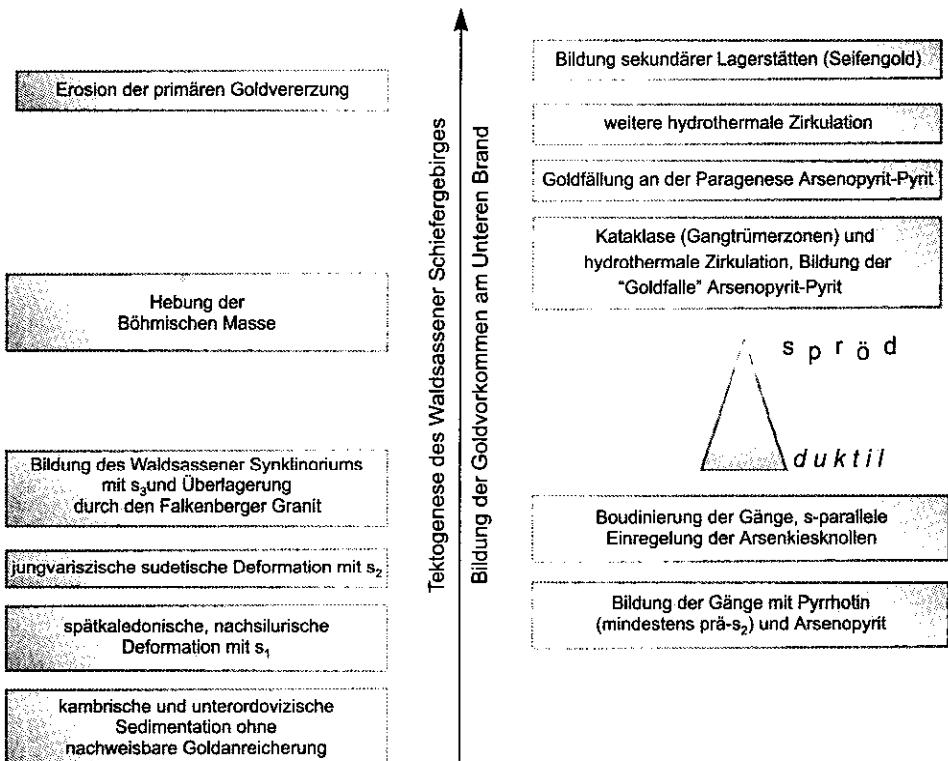


Abb. 10. Schematische Übersicht der Lagerstättenbildenden Prozesse der Goldlagerstätten bei Neualbenreuth, basierend auf den Untersuchungen am Unteren Brand.

## 6. Der historische Goldbergbau

Vom Neualbenreuther Goldbergbau zeugen zahlreiche Dokumente und Geländespuren (HERZOG 1996: 130–146). In den frühen Quellen, vor allem aus dem 16. und 17. Jh., wird meist nur der Name Albenreuth genannt (KRETSCHMANN 1741, Neudruck 1994; FLURL 1792, Neudruck 1992). Wo einerseits nur schriftliche Quellen und Ortsangaben vorliegen, fehlen diese andererseits zu zahlreichen Bergbauspuren. Dabei erweisen sich der Untere Brand und die Troglauermühle als die bedeutendsten Zentren der Goldförderung im Waldsassener Schiefergebirge.

### 6.1. Bergbaugeschichte

Seine erste bekannte, urkundliche Erwähnung fand der Goldbergbau im Jahre 1230. König Heinrich VII. verlieh in diesem Jahr dem Stift Waldsassen die bergbaulichen Rechte auf alle Adern mit Gold, Silber und anderen Metallen sowie das Recht auf deren Nutzung in dessen Region (KÖSTLER 1992: 55). Im Jahre 1497

kaufte eine Familie namens Schirndinger das Dorf Altalbenreuth (2,5 km nördlich von Neualbenreuth), um dort Gold zu suchen (EGERER LANDTAG E.V. 1991: 295). Berücksichtigt man die Tatsache, daß es damals noch kein „billigeres“ Gold aus der Neuen Welt gab oder das von den Venezianern häufig zum Vergleich benützte „ungarische Gold“ (KRETSCHMANN 1741, Neudruck 1994) sehr kostbar war, so konnten selbst die spärlichen Goldgehalte und seltenen goldreichen Einzelfunde von Albenreuth bergbaulich rentabel sein.

Die Dokumente von und über Anselm Rühlein, dem Bergmeister zu „Alberreith“ (entspricht heute Altalbenreuth, tschech.: Mýtina) berichten von einem geregelten Einkommen für ein paar Bauern aus den umliegenden Dörfern, die sich auch als Bergleute verdingten (KRETSCHMANN 1741, Neudruck 1994; Staatsarchiv Amberg: Nr. 1156 a bis e und 1157). Rühlein war Bergmeister in Albenreuth von 1570 (Staatsarchiv Amberg: Nr. 1156a) bis 1614 (KRETSCHMANN 1741, Neudruck 1994: 751–752). Er schrieb Anno 1574 das bis heute meist zitierte Dokument des Albenreuther Bergbaus (FLURL 1792, Neudruck 1992; GÜMBEL 1868 etc.). Es besagt, daß „*in den drei Quartalen neun Mark, zehn Loth, ein Quentchen feines, 22 karätigtes Gold*“ geliefert wurden, was etwa 2257g entspricht (Staatsarchiv Amberg: Nr. 1156 a; VERDENHALVEN 1968).

Der Bergbau vom 17. bis zur Mitte des 19. Jh. förderte vorwiegend limonitische Eisenerze. Vielleicht schürften die Bergleute dabei auch nach Gold oder wuschen es in den alten Seifengebieten. Konkret wird allerdings kein Goldbergbau während dieser Periode beschrieben. Die Dokumente der Bergämter berichten ab dem 18. Jh. lediglich von Bergschäden und der Gefährdung von Mensch und Vieh durch den Altbergbau (KÖSTLER 1992: 63–67; LEHRBERGER 1995: 176). Das zur Verhüttung von Limonit nötige Manganerz wurde um 1783 im Raum Altmugl und im Burgholz bei Hardeck untertägig abgebaut und Anno 1803 auch in Ottengrün und bei Wernersreuth erwähnt (KÖSTLER 1992: 57). Ansonsten bezogen es die Hütten aus dem angrenzenden Egerland (EGERER LANDTAG E.V. 1991; KÖSTLER 1992).

Nach dem 1. Weltkrieg und bis in die 20er Jahre unternahm man mehrere Versuche, den Goldbergbau wiederzubeleben. Oft war Spekulation auf Grund, Wald und einen schnellen Gewinn die treibende Kraft, ohne daß bei den Betreibern ernste Absichten erkennbar gewesen wären (nach Bergrat Dyck Anno 1926, zitiert in KÖSTLER 1992: 67). Die Zentren waren wieder das Burgholz im Bereich der Troglauer Mühle und der Untere Brand. Während an der Prinzregenten-Zeche im Burgholz keine wesentlichen Maßnahmen eingeleitet wurden, begann man am Unteren Brand mit der Aufwältigung des Altbergbaus, mit dem Abteufen des Schacht IV (Beginn: 18. Juni 1918; Abb. 6) und der Anlage zahlreicher Schürfe. In den folgenden Jahren wurden mehrere Gutachten über die Ausdehnung und die Reserven der Lagerstätte erstellt und eine Vielzahl von Analysen durchgeführt. Dabei wurden auch die sekundären Lagerstätten berücksichtigt. Die Gebiete mit Seifenbügeln wurden kartiert, beprobt und als abbauwürdig beschrieben (GAERTNER 1937: 11–13; Goldgehalte von 0,3–0,4 ppm). Dennoch kam kein Abbau zustande. Die letzten Versuche, die schließlich von der Bayerland AG unternommen wurden, konnten keine abbauwürdigen Goldvorkommen erschließen. Ende der 40er Jahre wurden die Schächte verfüllt, seitdem ruht der Bergbau auf Gold.

## 6.2. Lokalitäten und Beschreibung der Bergbauspuren

Anhand einer Kartierung wurden die meisten Bergbauspuren im Untersuchungsgebiet den unterschiedlichen Rohstoffen sowie einer der drei Bergbauperioden zugeordnet (s. 6.1.). So können die meisten Bergbauspuren mit der Goldförderung in Verbindung gebracht werden, weil entsprechende archivalische Quellen vorliegen und das Edelmetall nachweisbar ist. Der frühe Goldbergbau des 16. Jh. hinterließ vor allem die Seifenbügel entlang der Bäche (Abb. 11). Einige sind durch Flurbereinigung und den Bau von Fischteichen verschwunden. Bei Pošepný (1895) oder Gaertner (1937: Kartenbeilage) sind noch Seifenwerke beschrieben, die heute nicht mehr zu finden sind. Der Bergbau des 20. Jh. konzentrierte sich nur auf die primären Goldlagerstätten am Unteren Brand und der Troglaermühle. Die zahlreichen kleineren Schürfe, z. B. in den Großen Stollenhölzern, am Oberlauf des Breitenbrunn-Baches oder am Tillenberg, können weder einer zeitlichen Phase noch einem Rohstoff zugeordnet werden. Die folgend aufgeführten Lokalitäten sind in der Abb. 11 eingezeichnet (Ziffern in Kreisen).

- 1) Für das Gebiet von Maiersreuth, Hardeck und das Tal von Boden existieren zwar schriftliche Berichte, es sind aber nur wenige kleine Schürfe von 1 bis 2 m Durchmesser erhalten. Die Namen Marienhütte-Zeche oder Richter-Zeche III (Nowak 1983: 15–16) können nicht mehr lokalisiert werden. Auch die Seifenbügel im Tal von Boden, die vom Eisenbühl bis zum Reh-Berg reichten (Pošepný 1895: 242), sind verschwunden.
- 2) Im 16. Jh. lagen bei der Troglaermühle am Südhang des Kirchen-Berges, im Burgholz bei Hardeck (früher: Burgholz bei Schachten), die Zechen Hl. Gottesgab und St. Reichart mit Bergbau auf Gold und Silber zusammen mit Arsen- und Schwefelkies (Flurl 1792, Neudruck 1992: 185–186; Köstler 1992: 56). Der Schacht erhielt später den Namen Prinzregenten-Zeche und ist noch heute erhalten (Pinge ca. 12 m Ø und 6 m tief). Der Schacht war mit einem Stollen verbunden, dessen Mundloch im Hang hinter der Troglaermühle lag. Ein weiterer Schacht soll auf dem Gelände des heutigen Sibyllenbades liegen (Nowak 1983: Kartenbeilage). In den Unterlagen des Bergamtes Amberg wird Anno 1574 von Anselm Rühlein, Bergmeister zu Albenreuth, der Abbau von Goldquarz beschrieben (Staatsarchiv Amberg: Nr. 1156 b). In den Lohnbüchern von damals sind zwischen 15 und 17 Bergleute aufgeführt, die aus den umliegenden Dörfern stammten (Staatsarchiv Amberg: Nr. 1156 a und b). Nach dem Erliegen des Bergbaus durch den Dreißigjährigen Krieg wurde er Anno 1675 noch einmal aufgenommen und wegen zu hoher Kosten um 1680 wieder eingestellt (Jäger 1973–1974). Den Mutungen mit den Namen Rudolf-Zeche I, Valentins-Zeche und Prinzregenten-Zeche zwischen 1897 und 1924 (Nowak 1983: 12) folgten keine nennenswerten Aktivitäten. In den 80er Jahren wurden von der PREUSSAG AG die Wolframit- und Scheelitvorkommen am Sibyllenbad intensiv untersucht. In den historischen Quellen werden diese Rohstoffe noch nicht erwähnt. Eine Förderung der beiden Minerale im 16. Jh. ist auch unwahrscheinlich, weil sie aufgrund der Schlackenbildung bei der Verhüttung von Zinnerzen als der „böse Wolf“ gefürchtet waren (Jahnel 1991: 58).
- 3) Der „Heilerbrand“ bei Schachten bezeichnet eine Flur südlich der Ortschaft Schachten, für den um 1900 die Mutungen auf Richter-Zeche IV und

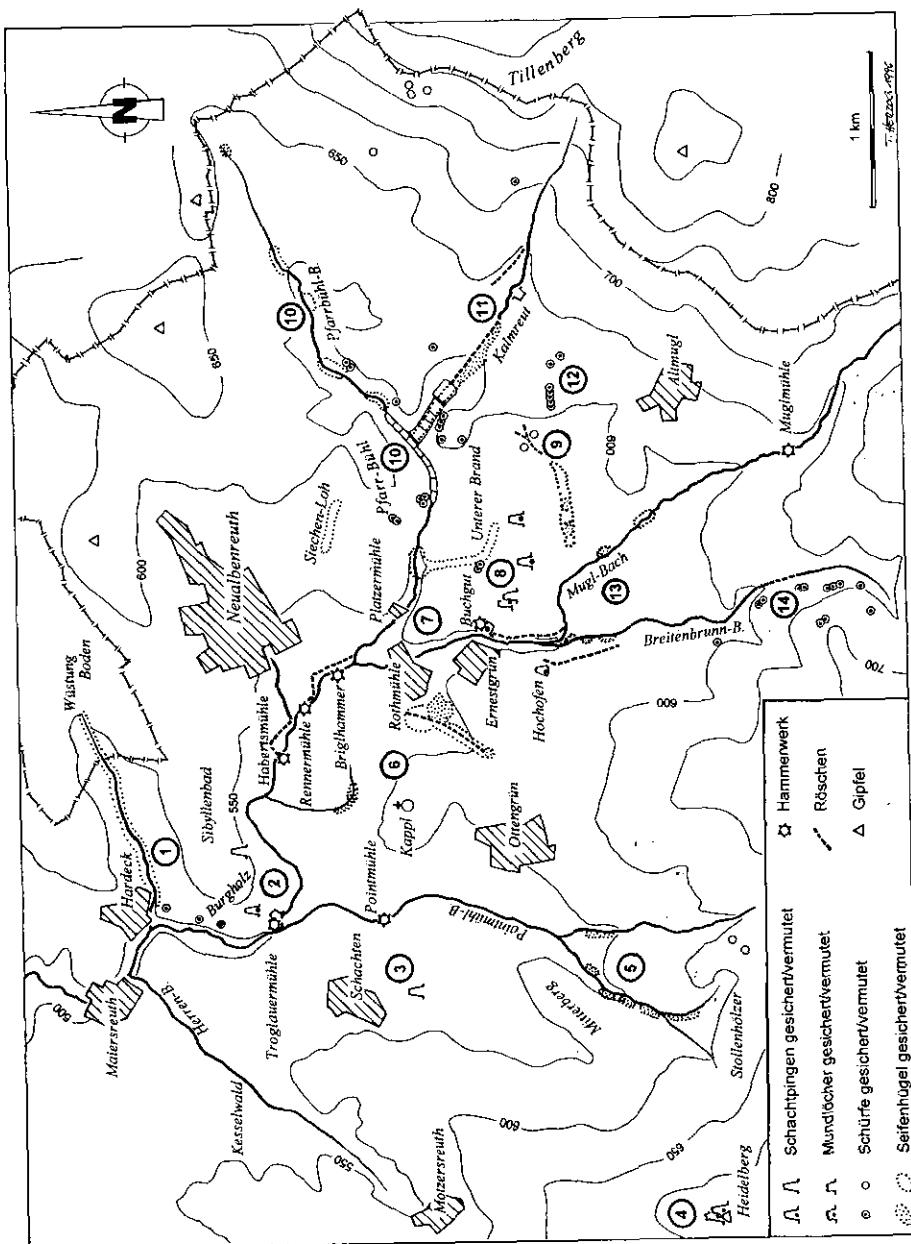


Abb. 11. Karte der Bergbauspuren in der Umgebung von Neualbenreuth.

Prinzregenten-Zeche beschrieben werden (NOWAK 1983: 14). Für ihren Standort gibt es neben der Lokalisierung von NOWAK (1983, Kartenbeilage) verschiedene Ansichten. Zum einen ist ein 1 m (im Ø) großes Loch östlich von Schachten mit einer Tafel als „Amethystschacht“ gekennzeichnet, zum anderen soll dieses Bergwerk am Mitterberg zwischen Schachten und Ottengrün gelegen haben. Daneben wird der ausgewiesene Amethystschacht von manchen Heimatforschern als

ehemaliger Schurf der Kaolinexploration beschrieben. Außerdem berichtet MATTHIAS VON FLURL im Jahre 1787 über die Befahrung der Zeche „Heilige Dreifaltigkeit“ bei Schachten, in der „Blaufarben-Kobalt“ gewonnen wurde (LEHRBERGER 1995: 167). Aufgrund zahlreicher, weit verstreuter Erzfunde um die Ortschaft Schachten ist keine Lokalisierung der Bergbae möglich.

4) Die Anno 1230 in der Acta Waldsassensia erwähnten Schächte bei Egglasgrün am Höllberg, heute Heidelberg (KÖSTLER 1992: 55), liegen im Bereich des „Alten Schloßes“. Hier sind zwei senkrechte, mehrere Meter tiefe Schächte mit rechteckigen Öffnungen von ca. 1,5 auf 2 m erhalten. Nach E befinden sich etwas unterhalb der Schächte alte Felsenkeller bzw. Steinbrüche, die auch mit dem Bergbau zusammenhängen könnten. NOWAK (1983: 11, 14) beschreibt eine St. Jorgen-Zeche oder St. Georgen mit Goldbergbau im Mittelalter und 1897 erfolgten Mutungen als Lambertins- und Julius-Zeche. PFEUFER (1960: 85–87) nennt für den Heidelberg die folgende Paragenese: Gold mit Silber und Arsenopyrit, Kupfersulfide, Magnetit und Limonit, mit Gold in Quarzknuern, aber nicht in Quarzgängen.

5) In den Großen Stollen-Hölzern und am Pointmühl-Bach, vom Fuß des Gipfels mit 612 m ü. NN und bis zum Waldrand bei Ottengrün, sind einige Dutzend Seifenbügel vorhanden. Die größten Hügel befinden sich im Bereich des Höhenfestpunktes (HP) 547 m, mit Wällen bis zu 10 m Länge und 2,5 m Höhe. Gold konnte im Pointmühl-Bach nachgewiesen werden (Abb. 4). Kleinere Schürfe befinden sich ca. 400 m SE vom HP 612 m. Sie erreichen bis 2 m im Durchmesser und 0,8 m Tiefe.

6) Der Ort Ottengrün, die Kappl (St. Sebastian) und das Schinderholz (Abb. 11 und Abb. 7) bei Rothmühle werden meist im Rahmen des Eisen- und Tonbergbaus genannt. POŠEPNÝ (1895) beschreibt jedoch Seifenbügel im gesamten Bereich zwischen dem Schinderholz und St. Sebastian. Davon ist nur noch der Abbau im Schinderholz erhalten, der bis zu 5 m unter die natürliche Geländeoberkante geht. Die Seifenbügel haben bis zu 8 m Durchmesser und 3 m Höhe. In den Rinnen und Mulden zwischen den Hügeln sammeln sich kaolinithaltige Schluffe, aus denen die Einheimischen seit dem vorigen Jahrhundert ihr Steingut anfertigen. Gold konnte in den Seifen nachgewiesen werden (Probe-Nr. 12939, Abb. 4).

7) In der Flur Pfaffenreut (Abb. 7) gibt es zwar keine Bergbauspuren, dennoch sind Mutungen auf die Zechen Josephine und Churfürst und Güldenstern von der Jahrhundertwende und bis 1943 erhalten (NOWAK 1983: 13).

8) Die Bergbaurechte auf das Zentrum des Neualbenreuther Goldbergbaus, den Unteren Brand und die Zechen Churfürst und Güldenstern sind noch heute an die Metallgesellschaft AG, Frankfurt a. M. (Sachtleben GmbH als Nachfolgerin) vergeben. Durch die vielen Flur- und Zechennamen entstand im Laufe der Jahrhunderte ein verworrenes Netz von Ortsangaben, in dem nur noch Bergbaue unseres Jahrhunderts gut lokalisierbar sind. Der Schacht der Zeche Churfürst liegt in einem Wäldchen südlich vom Buchgut, an der Straße von Platzermühle nach Altmugl. Der Untergrund des gesamten Wäldchens ist eine große Halde, die sich bis zu 4 m über das natürliche Niveau erhebt. Die größte

Pinge im Zentrum des Wäldechens ist der Churfürst-Schacht (ca. 6 bis 8 m Ø und 4 m Tiefe). Bei der südlich gelegenen Pinge könnte es sich um den ehemaligen Schacht der Zeche Güldenstern handeln (ca. 4 bis 6 m Ø und 3 m Tiefe). Zum Standort des Güldenstern-Schachtes gibt es jedoch widersprüchliche Angaben (HERZOG 1996: 136–137). In der NW-Ecke des Wäldechens befindet sich eine weitere kleine Pinge mit einer Halde. Ein Teil der Halden wurde zum Verfüllen der Schächte verwendet und entlang des Straßendamms entfernt. Das sandige Haldenmaterial liegt außerdem weitflächig auf den Äckern um die Zechen verteilt, wo ansonsten tonreiche, tertiäre Verwitterungsauflagen anstehen. Der Entwässerungsstollen von Churfürst und Güldenstern hat sein Mundloch ca. 250 m NW der Schächte, ca. 20 m vom Pfarrbühl-Bach entfernt. Dort sind allerdings nur die Halden erhalten, das Mundloch selbst ist völlig unkenntlich. Der ehemals 27 m tiefe Schacht Steppenloch befindet sich im Bereich der ca. 200 m<sup>2</sup> großen Bauschuttdeponie auf dem Unteren Brand. Nicht mehr lokalisierbar ist der 1918 angelegte Schacht IV, der sich 230 bis 250 m östlich vom Steppenloch befunden hat. Weitere Halden bei HP 574 m, ca. 250 m NE von Churfürst und Güldenstern könnten Reste von den Prospektionsarbeiten am Anfang dieses Jahrhunderts sein. Mit der Aufwältigung ab 1900 erhielten die Schächte von Churfürst und Güldenstern die Bezeichnung „Schacht I“ und „Schacht II“ und das Steppenloch „Schacht III“. Dem 1918 abgeteuften Schacht IV verlieh man dagegen keinen Namen.

9) An die Siechen-Teiche, früher auch Ziegen-Teiche genannt, schließt nach SE ein über 300 m langes System von Röschen an. Diese leiten das Wasser nach S über die Wasserscheide des Unteren Brandes zum Küh-Bach um, das sonst nach Norden zur Kalmreut fließen würde. Zwischen den Gräben befinden sich zahlreiche Gruben, die auf die Tongewinnung im 20. Jh. zurückgehen. Im Küh-Bach selbst liegen große Mengen kantige, turmalinreiche Quarzbrocken, welche die Reste einer Erzaufbereitung sein könnten.

10) Bei dem Pfarrbühl-Bach handelt es sich wahrscheinlich um einen der Bäche, die bereits in den Walenbüchern der Venezianer beschrieben werden (KRETSCHMANN 1741, Neudruck 1994: 180–181). Entlang des Pfarrbühl-Baches sind keine Seifenhügel mehr vorhanden. In der Südflanke des Kalmreuter Tales, an der Mündung zum Pfarrbühl-Bach (oberhalb der Fischteiche), befinden sich zehn Schürfe mit Halden. Sie erreichen Durchmesser von 2 bis 5 m und sind bis zu 1,7 m tief. Außerdem sind zwei Schurfgräben von ca. 10 m Länge und bis 2 m Tiefe vorhanden. Am Südhang des Pfarr-Bühls selbst sind zwei größere Areale mit Schürfen und Pingen erhalten. Das erste Areal befindet sich an der äußersten NW-Ecke des Waldes, 750 m östlich der Platzermühle. Es sind ein großer Schurf von 10 m Länge, 5 m Breite und 2 m Tiefe sowie mehrere kleine Spuren (max. 4 m Ø und 1,8 m Tiefe) erhalten. Das zweite liegt 200 m SE von dem ersten Areal und wird durch eine Tafel am Wanderweg ausgewiesen. Der Hang wurde auf ca. 30 m × 20 m bis zum Anstehenden aufgegraben. Durch die Materialentnahme für Teichbauarbeiten wurde das Bergbauobjekt gestört. Die herumliegenden Milchquarze erweisen sich beim Anschlagen als taub oder enthalten Limonit, der vermutlich aus Pyrit entstand. Die Mutungen im 19. Jh. nennen die Caroli-Zeche am Pfarr-Bühl, die Claire-Zeche am Pfarr-Bühl und Tannes-Bühl sowie die Antonius-Zeche am Tannes-Bühl (NOWAK 1983: 13).

11) In dem Tal der Kalmreut befand sich das gleichnamige Dorf Kalmreuth, welches im Dreißigjährigen Krieg zerstört wurde (KÖSTLER (ohne Jahr): Auf stillen Waldpfaden der Grenze entlang). Das Tal wird, wenn auch nicht namentlich, bereits von den Venezianern beschrieben (KRETSCHMANN 1741, Neudruck 1994: 180). Sie nennen zwei Bäche mit Seifengold an der Westflanke des Tillenberges, wobei es sich nur um den Pfarrbühl-Bach und den Bach in der Kalmreut handeln kann (vgl. Abb. 3). Das gesamte Waldstück in der Niederung der Kalmreuter-Rinne ist mit Seifen Hügeln übersät. Die größten Hügel erreichen 2 m Höhe, manche sind über 10 m lang und dienten als Dämme zur Wasserführung (erkennbares Rinnensystem). GAERTNER (1937: 11) beschreibt, daß bei den von ihm betreuten Schurfarbeiten unter den Seifen Hügeln der Kalmreut bearbeitete Holzteile gefunden wurden. Die überlieferten Zechennamen lauten Armand-Zeche und Rupprecht-Zeche (NOWAK 1983: 15). Im Bereich der Dorfwüstung Kalmreuth befindet sich eine anthropogen überformte Terrassenkante, an deren Fuß bei starkem Regen Wasser austritt. Eventuell handelt es sich dabei um ein Stollenmundloch (Abb. 6). Von der Kalmreut nach NE gehend sind an der Flanke des Tillenberges vereinzelte Spuren zu finden, die auch Relikte des Goldbergbaus sein könnten.

12) Die Flur Dürrwiesen schließt östlich der Siechen-Teiche an. Mit der Bruderau sind entweder alle Fluren gemeint, die sich direkt nördlich an die Ortschaft Altmugl anschließen oder nur das Tal zwischen Altmugl und dem Unteren Brand. Bei den Geländearbeiten konnten keine Erzfunde gemacht werden. Auf dem kleinen Höhenrücken südlich der Kalmreut sind zahlreiche Schürfe zu sehen. Besonders markant sind 5 perl schnurartig aufgereihte, runde Schürfe oder Schachtpingen mit Halden sowie eine relativ junge, große Halde. Die Pingen erreichen bis zu 7 m im Durchmesser und sind max. 2 m tief. Eine Flurkarte von 1900 (NOWAK 1983: Kartenbeilage) zeigt die St. Barbara-Zeche im Bereich dieser Bergbauspuren. Entsprechend der schriftlichen Quellen müssen relativ große Zechen im Betrieb gewesen sein. WURM (1928: 2) lokalisiert den Maria-Empfängnis-Stollen in der Bruderau, für den Anno 1570 Wolff vom Saltzs (Bergmeister im Vogtland) und Anselm Rühlein (Bergmeister im Stift Waldsassen) schriftlich um Zubuße beim kurfürstlich-pfälzischen Rat Barthelmes Hartung bitten (SANDKÜHLER 1919: Beilage). Außerdem existiert eine Mutung auf eine Luitpold-Zeche (NOWAK 1983: 15).

13) Am Mugl-Bach und in der Brunnwiesen, dem Talboden östlich des Hochofen von Ernestgrün, liegen verstreut einzelne Seifen Hügel (Abb. 7). Im Wäldchen der Probenahmestelle 1248 gibt es über 20 kleinere, wallförmige Seifen Hügel (bis 1 m hoch und 2 m lang). Die Bachsedimente sind goldführend (Abb. 4). Pošepný (1895) beschreibt drei „Pingenzüge“, von denen nur noch der zuvor genannte Waschplatz erhalten ist.

14) An der Ostflanke des Streicher-Ranges befinden sich mehrere, vereinzelte Schürfe sowie perl schnurartige aufgereihte, runde Schürfe auf zwei Niveaus (Abb. 11: N-S orientiert, bei 640 m und bei 680 m ü. NN), mit Durchmessern bis 2 m und bis 1 m Tiefe. Obwohl sie sich im Einzugsbereich der Seifen des Pfarrbühl-Baches befinden, konnte kein Erzfund gemacht werden.

**Danksagung:** Der PREUSSAG AG, Goslar danken wir für die Überlassung der unveröffentlichten Prospektionsunterlagen und Ergebnisse aus dem Raum Neualbenreuth. Ebenso dankbar sind wir für die Bergbauspurenkarten von geographischen Geländeübungen von Herrn Prof. Dr. D. MANSKE und Herrn Dr. H. WOLF sowie den daran beteiligten Studenten vom Institut für Geographie der Universität Regensburg. Herrn Dr. G. GRUNDMANN danken wir für die Betreuung der erzmikroskopischen Untersuchungen. Schließlich sei den Neualbenreuthern und der Gemeindeverwaltung, vor allem Frau Dipl.-Geogr. S. KNEIDL und Herrn Bürgermeister A. KÖSTLER, für ihre freundliche Aufnahme und Unterstützung bei den Geländearbeiten gedankt. Herrn M. KÖSTLER, Neualbenreuth, danken wir für die Diskussion der Bergbaugeschichte sowie die zur Verfügung gestellten Quellen.

## 7. Literatur

- BERNARD, J. H. (1991): Empirical types of ore mineralisations in the Bohemian Massif. – 181 S., Prag (Czech Geol. Surv.).
- BÜLTEMANN, H. (1979): Die Uranvorkommen im ostbayerischen Grundgebirge Raum Mähring, Krs. Tirschenreuth/Opf. – Z. dt. geol. Ges., **130**: 575–596, Stuttgart (Enke).
- BÜRKLEIN, A. (1920): Gutachten über das Vorkommen von Edelerzen, Gold und Silber sowie deren Begleiterze, Schwefel- und Arsenkies in den Grubenfeldern der Zechen Kurfürst und Güldenstern in Neualbenreuth bei Waldsassen (Oberpfalz). – Unveröff. Gutachten, 12. S., München.
- DILL, H. (1985): Die Vererzungen am Westrand der Böhmischem Masse. – Geol. Jb., **D73**: 3–461, Hannover.
- EBERT, C. (1984): Untersuchungen zur Mineralogie goldführender Schwermineral-Sedimente aus dem Gevattergraben bei Bad Steben (Frankenwald) unter besonderer Berücksichtigung der morphologischen Eigenschaften der Seifengold-Partikel. – Unveröff. Dipl.-Arb., Univ. Kiel, 81 S., Kiel.
- EBERT, C. & KERN, H. (1988): Placer gold from the Gevattergraben in the Frankenwald area (Germany) – mineralogical and morphological characteristics and their significance for gold prospecting. – N. Jb. Mineral., Mh., **9**: 405–417, Stuttgart (Schweizerbart).
- EMMERT, U., HORSTIG, G. VON & STETTNER, G. (1981): Geologische Übersichtskarte 1 : 200 000, Blatt CC6334 Bayreuth. – Hannover (B.-Anst. Geowiss. u. Rohst.).
- EPPINGER, R. G. (1993): Gold and cinnabar in heavy-mineral concentrates from streamsediment samples collected from the western half of the Lime Hills 1 degrees X 3 degrees quadrangle, Alaska. – U.S.-Geol. Surv. Bull., 91–100, Denver.
- GRUNEWALD, W., FRÖBER, H. G. & GERLACH, R. (1996): Gold in Ostthüringen. – Naturwiss. R., **23**: 19–38, Gera (Museum).
- FEIGE, L. (1919): Beobachtungen bei den Versuchsarbeiten auf den Neualbenreuther Grubenfeldern Kurfürst und Güldenstern. – Unveröff. Gutachten, 3 S., Stockheim.
- FLURL, M. (1792, Neudruck 1992, LEHRBERGER, G. [Hrsg.]): Beschreibung der Gebirge von Baiern und der oberen Pfalz. – 184–192, München (Eigenverl.).
- FRIEDL, J., WAGNER, F. E. & WANG, N. (1995): On the chemical state of combined gold in sulfidic ores: conclusions from Mössbauer source experiments. – N. Jb. Mineral., Mh., **169**: 279–290, Stuttgart (Schweizerbart).
- GAERTNER, H.-R. VON (1935 a): Brief an die Bergbau AG Bayerland, Mitterteich Opf., Betreff Neualbenreuth. – Unveröff. Gutachten, 3 S., Mitterteich.
- GAERTNER, H.-R. VON (1935 b): Kurzer Bericht über die wirtschaftlichen Aussichten des Goldbergbaues in Neualbenreuth nach den Aufschlüssen vom 14. 10. 1935. – Unveröff. Gutachten, 1 S., Mitterteich.

- GAERTNER, H.-R. VON (1937): Die Goldlagerstätten von Neualbenreuth nebst Vorschlägen zu ihrer Untersuchung. – Unveröff. Gutachten, 15 S., 6 Beil., Berlin.
- GÜMBEL, C. W. (1868): Geognostische Beschreibung des Ostbayerischen Grenzgebirges oder des Bayerischen und Oberpfälzer Waldgebirges. – 968 S., Gotha (Perthes).
- GÜMBEL, C. W. (1879): Geognostische Beschreibung des Fichtelgebirges. – 698 S., Gotha (Perthes).
- GUILBERT, J. M. & PARK, F. P. (1986): The geology of ore deposits. – 985 S., New York (Freeman).
- HERZOG, T. (1996): Geologie und Goldlagerstätten von Neualbenreuth/Oberpfalz. – Unveröff. Dipl.-Arb., TU München, 185 S., Garching.
- IRBER, W. (1992): Das Erzrevier von Goldkronach-Brandholz im Fichtelgebirge – Petrographie, Tektonik und lagerstättenkundliche Untersuchungen mit der Entwicklung eines neuen Generationsmodells. – Unveröff. Dipl.-Arb., TU München, 232 S., Garching.
- JÄGER, R. (1973–1974): Der Bergbau in Neualbenreuth. – Unveröff. Ms. Chronik der Marktgemeinde Neualbenreuth, 76–84, Schwandorf.
- JAHNEL, F. (1991): Der Erzbergbau im Egerer Landschaftsgebiet. – In: EGERER LANDTAG E. V. [Hrsg.]: Heimatkreis Eger: 46–60, Amberg.
- JUNG, R. & HÖLL, R. (1982): Wolframvorkommen in Nordost-Bayern. – Erzmetall, **35**: 142–147, Weinheim (Verl. Chemie).
- KATZER, F. (1892): Geologie von Böhmen. – 1606 S., Prag (Taussig).
- KÖSTLER, M. (o. J.): Auf stillen Waldfeldern der Grenze entlang. – Faltbl. z. Geschichts- und Sagenwanderweg, Neualbenreuth (Gästeinformation).
- KÖSTLER, M. (o. J.): Sagenumwobene Wege zum Mittelpunkt Europas. – Faltbl. z. Geschichts- und Sagenwanderweg, Neualbenreuth (Gästeinformation).
- KÖSTLER, M. (o. J.): Von Eisenhämmern, Töpfern und Schindern. – Faltbl. z. Geschichts- und Sagenwanderweg, Neualbenreuth (Gästeinformation).
- KÖSTLER, M. (1992): 100 Jahre Freiwillige Feuerwehr Ottengrün – 600 Jahre erste urkundliche Erwähnung von Ottengrün und Ernestgrün - Vereins- und Ortschronik. – 55–69, Ottengrün (FFW Selbstverlag).
- KRETSCHMANN, J. W. (1741, Neudruck 1994, VIESSMANN, H. [Hrsg.]): Sammlung zu einer Berg-Historia des Markgrafentums Brandenburg-Bayreuth. – 1548 S., Hof (Arzberger).
- LEHRBERGER, G. (1986): Geologische, petrographische und lagerstättenkundliche Untersuchungen in der Umgebung von Pullenried/Oberpfalz, unter besonderer Berücksichtigung der Goldvorkommen im Murachtal. – Unveröff. Dipl.-Arb., TU München, 213 S., Garching.
- LEHRBERGER, G. (1995): Mathias von Flurls „Tagebuch oder umständiger Bericht“ über eine Reise zu Bergwerken in der Oberpfalz und im Bayerischen Wald im Jahre 1787. – Ostbairische Grenzmarken – Passauer Jb. Gesch., Kunst Volkskd., **37**: 172–186, Passau (Universität).
- LEHRBERGER, G. (1996 a): Goldlagerstätten und historischer Goldbergbau in Bayern. – In: Gold im Herzen Europas, Schr.-R. Bergb. Ind.-Mus. Ostbayern, **34**: 17–64, Theuern.
- LEHRBERGER, G. (1996 b): Die Goldreviere in Böhmen – mehr als Glanz vergangener Zeiten. – In: Gold im Herzen Europas, Schr.-R. Bergb. Ind.-Mus. Ostbayern, **34**: 73–88, Theuern.
- LEHRBERGER, G & Morteani, G. (1994): Goldlagerstätten und Goldbergbau in Bayern. – In: WALDHAUSER, J., LEHRBERGER G. & MORTEANI, G. [Hrsg.]: Zlatá Zem Gabreta – Goldland Gabreta. – 69–74, Prag (Národní techn. muzeum).
- LEHRBERGER, G., PREINFALK, C., MORTEANI G. & LAHUSEN, L. (1990): Stratiforme Au-As-Bi-Vererzung in Cordierit-Sillimanit-Gneisen des Moldanubikums bei Oberviechtach-Unterlangau, Oberpfälzer Wald (NE-Bayern). – Geologica Bavarica, **95**: 133–176, München.

- LINCK, G. (1919): Meine Ansicht über die Goldvorkommen in Neualbenreuth in der Oberpfalz. – Unveröff. Gutachten, 3 S., Jena.
- MASON, B. & MOORE, C. B. (1985): Grundzüge der Geochemie. – 340 S., Stuttgart (Enke).
- MATTHES, S. (1990): Mineralogie. – 3. Aufl., 448 S., Berlin (Springer).
- MEIER, S. & MEISSER, N. (1995): Wismutminerale von Sybillenbad bei Neualbenreuth. – Lapis, 9: 20–23, München (Weise).
- MÖLLER, P. (1986): Anorganische Geochemie. – 326 S., Heidelberg (Springer).
- MÖLLER, P. (1993): Electrochemical corrosion of natural gold alloys. – In: MORTEANI, G. & NORTHOVER, J. P. [Hrsg.]: Prehistoric gold in Europe, 357–368, Dordrecht (Kluwer).
- MÖLLER, P. & KERSTEN, G. (1994): Electrochemical accumulation of visible gold on pyrite and arsenopyrite surfaces. – Mineral. Deposita, 29: 404–413, Berlin (Springer).
- MORÁVEK, P. et al. (Aut.-Koll., 1992): Zlato v Českém masívu [Gold in the Bohemian Massif]. – 248 S., Prag (Czech Geol. Surv.).
- NOWAK, D. (1983): Kurzer Überblick über die Geochemiekarte „Gold“ 6040 Neualbenreuth und über das Deckblatt: Bergbauspuren auf der Topographischen Karte 1:25 000 Neualbenreuth. – Unveröff. Gutachten, 21 S., Goslar.
- PFEUFER, H. (1960): Geologisch-petrographisch-tektonische Untersuchungen der Gesteine im weiteren Bereich der Schwefelerzgrube „Bayerland“/Bayern. – Geologica Bavaria, 45: 84–94, München.
- POŠEPNÝ, F. (1895): Die Goldvorkommen Böhmens und der Nachbarländer. – Archiv f. praktische Geologie, 484 S., Wien.
- RAMDOHR, P. (1960): Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. – 3. Aufl., 1089 S., Berlin (Akad.-Verl.).
- RAMDOHR, P. & STRUNZ, H. (1979): Klockmanns Lehrbuch der Mineralogie. – 820 S., Stuttgart (Enke).
- RICHTER, P. (1986): Zum Auftreten von Gold im nordost-bayerischen Grundgebirge. – Geologica Bavaria, 89: 49–65, München.
- RICHTER, P. & STETTNER, G. (1983): Das Präkambrium am Nordrand der Moldanubischen Region im Raum Tirschenreuth-Mähring (NE-Bayern) und dessen metallogenetische Aspekte. – Geol. Jb., D61: 23–91, Hannover.
- RICHTER, P. & STETTNER, G. (1993): Lithologische und geochemische Profilierung im Kambro-ordovizium des südlichen Waldsassener Schiefergebirges. – Geologica Bavaria, 98: 175–217, München.
- ROEGER, J. (1903 & 1918): Kurzer Bericht über die beiden Goldfelder Kurfürst und Güldenstern in der Bayr. Oberpfalz. – Unveröff. Gutachten, 4 S., Köln.
- SANDKÜHLER, B. (1919): Über das Gold- und Arsenvorkommen bei Neualbenreuth (Oberpfalz). – Unveröff. Gutachten, 11 S., Würzburg.
- SANDKÜHLER, B. (1921): Über die Goldverteilung in dem Oberpfälzer Goldvorkommen von Neualbenreuth. – Unveröff. Gutachten, 3 S., Würzburg.
- SANDKÜHLER, B. (1921): Kurzer Bericht über die Goldvorkommen der Oberpfalz. – Unveröff. Gutachten, 7 S., Würzburg.
- SCHIRA, W. (1985): Geologisch-petrographisch-tektonische Untersuchungen im Grenzbereich Saxothuringikum/Moldanubikum zwischen Altmugl und Poppenreuth Lkr. Tirschenreuth/Oberpfalz/Bayern. – Unveröff. Dipl.-Arb., Univ. München, 158 S., München.
- SCHNEIDERHÖHN, H. (1941): Lehrbuch der Erzlagerstättenkunde, Lagerstätten der magmatischen Abfolge, Band 1. – 858 S., Jena (Fischer).

- SCHNEIDERHÖHN, H. (1962): Erzlagerstätten. – 4. Aufl., 371 S., Jena (Fischer).
- SEITZ, R. H. & WOLF, H. (1971): Zum Erzbergbau im Stiftland Waldsassen. – Acta Albertina Ratisbonensis, **31**: 15–56, Regensburg.
- STEIN, E. (1988): Die strukturgeologische Entwicklung im Übergangsbereich Saxothuringikum/Moldanubikum in NE-Bayern. – *Geologica Bavaria*, **92**: 5–131, München.
- STETTNER, G. (1971): Die Beziehungen der kohlensäureführenden Mineralwässer Nordostbayerns und der Nachbargebiete zum rhegmatischen Störungssystems des Grundgebirges. – *Geologica Bavaria*, **64**: 385–394, München.
- STETTNER, G. (1972): Zur geotektonischen Entwicklung im Westteil der Böhmischem Masse bei Berücksichtigung des Deformationsstils im orogenen Bewegungssystems. – Z. dt. geol. Ges., **123**: 291–326, Stuttgart (Enke).
- STETTNER, G. (1975): Zur geologisch-tektonischen Entwicklung des Oberpfälzer Grundgebirges. – Aufschluß, **26**: 11–38, Braunschweig (VFMG).
- STETTNER, G. (1979): Der Grenzbereich Saxothuringikum-Moldanubische Region im Raum Tirschenreuth-Mähring (Oberpfalz) und die Situation des Uran-führenden Prökambriums. – Z. dt. geol. Ges., **130**: 561–574, Stuttgart (Enke).
- STETTNER, G. (1980): Zum geologischen Aufbau des Fichtelgebirges. – Aufschluß, **31**: 391–403, Braunschweig (VFMG).
- STETTNER, G. (1992): Geologie im Umfeld der Kontinentalen Tiefbohrung Oberpfalz. – 240 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- STETTNER, G. (1993): Spätkaledonische Subduktion und jungvariskischer Deckenbau im Westteil der Böhmischem Masse. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **187**: 137–182, Stuttgart (Schweizerbart).
- STETTNER, G. (in Druckvorbereitung): Geologische Karte von Bayern 1 : 25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6040 Neualbenreuth. – München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- STUMPF, H. (1985): Geologische, petrographische, tektonische und lagersättenkundliche Untersuchungen des Bereichs zwischen Querenbach und Schachten westlich Neualbenreuth, Landkreis Tirschenreuth/Nordostbayern. – Unveröff. Dipl.-Arb., Univ. München, 111 S., München.
- TAYLOR, S. R. & MCLENNAN, S. (1985): The continental crust: Its composition and evolution. – 312 S., Oxford (Blackwell).
- TEUSCHER, E. O. & WEINELT, W. (1972): Die Metallogenese im Raume Spessart-Fichtelgebirge-Oberpfälzer Wald-Bayerischer Wald. – *Geologica Bavaria*, **65**: 5–73, München.
- VEITH, H. (1870): Deutsches Bergwörterbuch. – 600 S. in 2 Bd., Breslau (Korn).
- VERDENHALVEN, F. (1968): Alte Maße, Münzen und Gewichte aus dem deutschen Sprachgebiet. – 54 S., Neustadt/Aisch (Degener).
- WOLF, H. (1971): Die Schwefelkieslagerstätte „Bayerland“ bei Waldsassen in der Oberpfalz und ihr geologischer Rahmen. – Acta Albertina Ratisbonensis, **31**: 57–101, Regensburg.
- WURM, A. (1928): Geologisches Gutachten über das Goldvorkommen bei Neualbenreuth. – Unveröff. Gutachten, 9 S., o. O.
- ZOUBEK, V. [Hrsg.] (1966): Regional Geology of Czechoslovakia – Part 1 – The Bohemian Massif. – 668 S., Prag (Czech Geol. Surv.).

# Geochemische Untersuchungen an der Goldvererzung bei Oberviechtach-Unterlangau im Moldanubikum des Oberpfälzer Waldes

Von GERHARD LEHRBERGER

Mit 14 Abbildungen

## Kurzfassung

Die Deutsche Rio Tinto Mineralien GmbH (DRTM) untersuchte im Rahmen eines Explorationsvorhabens in den Jahren 1994 und 1995 die bekannten Goldvorkommen im Moldanubikum des Oberpfälzer Waldes in der Umgebung von Unterlangau im Murachtal (NE Oberviechtach). Umfangreiche bodengeochemische Untersuchungen wurden zur Vorbereitung eines Bohrprogrammes im Bereich des Braunbeergrabens durchgeführt. Das Bohrprogramm umfaßte zwei Kernbohrungen, mit denen die Fortsetzung der Vererzung im Güttingwald bei Unterlangau nach NE über die Murach hinweg belegt werden konnte. Außerdem konnten im Bereich der Goldvererzung am Gütting bei Unterlangau im Zuge der Verlegung der Mitteleuropäischen Rohölleitung (MERO) von Neustadt/Donau nach Litvínov bei Pilsen in der Tschechischen Republik Schlitzproben entnommen werden. Daraus konnte ein detailliertes geologisches und geochemisches Profil der Vererzungszone erstellt werden.

Die durchgeführten Untersuchungen sollten Belege für eine tektonetische Neuinterpretation der bisher als syngenetisch-metamorph betrachteten Vererzungen erbringen. Das neue Arbeitsmodell beruhte auf der Annahme von Riedel-Scherflächen in Zusammenhang mit den regionaltektonischen Strukturen des Böhmischen und Bayerischen Pfahls.

Die Ergebnisse sämtlicher Untersuchungen an den neu zugänglichen Aufschlüssen zeigen, daß die Gold-Arsen-Vererzung keine Bindung an postmetamorphe tektonische Strukturen wie Störungen und/oder Alterationszonen aufweist und daß die vorgefundenen ausgedehnten Alterationen mit einer jungen Pyritgeneration in keinem Fall mit der Gold-, Arsen- und Bismut-Vererzung in Verbindung gebracht werden können.

Entlang des Braunbeergrabens konnte der Nachweis geführt werden, daß die primäre Vererzung vom Güttingwald über die Murach hinweg streicht, und daß die Abbauspuren direkt auf den Ausbiß der Vererzungszonen bezogen werden können. Das Potential der bisher vermuteten Vererzungen hat sich bestätigt und die Vererzung ist somit auf einer durchgehenden Länge von über 1000 m nachgewiesen.

## Abstract

In 1994 and 1995, the Deutsche Rio Tinto Mineralien GmbH (DRTM) carried out work as part of an exploration programme on the well-known gold occurrences in the Moldanubicum of the Oberpfälzer Forest in the vicinity of Oberviechtach-Unterlangau in the Murach river valley (NE-Bavaria).

Comprehensive soil geochemical surveys were executed whose results were utilized to prepare for subsequent drilling in the area of the Braunbeergraben creek. The drill programme consisted of two cored diamond drill holes which proved the existence of a NE extension of the gold mineralization at the Gütting forest across the Murach river valley.

Further, comprehensive channel sampling was carried out in the area of the gold mineralization at Gütting near Unterlangau which took advantage of the laying of the Middle European pipeline project (MERO) from Neustadt on the Danube to Litvínov near Pilsen in the Czech Republic.

The pipeline trenches traversed the Gütting mining area. A detailed geological and geochemical profile was derived from this trench.

It was hoped that the above work would test a new tectonic interpretation of the previous syn-genetic-metamorphic mineralization model. The new model assumed the existence of Riedel shear surfaces in relation to regional tectonic structures of the Bohemian and the Bavarian Pfahl quartz vein system.

The results of the surveys on newly accessed lithologies in the drill cores show that the gold mineralization is not related to post-metamorphic structures. In no case were the frequent alteration zones in the gneisses which are frequently sericitized, related to gold, arsenic or bismuth mineralization.

## Inhalt

1. Bodengeochemische Untersuchungen .....	208
2. Kernbohrungen am Braunbeergraben .....	210
2.1. Petrographisches Profil der Kernbohrungen .....	213
2.2. Gold- und Arsengehalte der Bohrungen .....	214
2.3. Interpretation der Vererzung .....	217
3. Geochemisch-mineralogisches Profil entlang der MERO-Pipelinetrasse .....	218
3.1. Das petrographische Profil im Baggertschnitt .....	218
3.2. Geochemisches Profil .....	220
3.3. Freigoldführung im Anstehenden .....	222
4. Literatur .....	226

## 1. Bodengeochemische Untersuchungen

In der ersten Bodenprobenkampagne im Jahr 1994 wurden, basierend auf den bisherigen Erkenntnissen (LEHRBERGER et al. 1990), in einem 41 km<sup>2</sup> großen Gebiet zwischen Oberviechtach, Schönsee und Eslarn 1105 Bodenproben entnommen (Abb. 1). Die Maschenweite des quadratischen Probennetzes betrug 200 m. Die dabei entnommenen Bodenproben entstammen weitgehend dem B-Horizont. Die Analyse der Proben erfolgte auf die Elemente Au, Ag, As, Bi, Te, Mo, Cu, Pb, Zn, Co, Sb, W und Ba.

Die Analysen zeigen, daß nur Arsen und Gold deutliche Anomalien aufweisen und daher als einzige Elemente für die weitere Prospektion verwendet werden können. Im Untersuchungsgebiet konnte das Gebiet NE Unterlangau als größte geochemische Anomalie innerhalb des Erlaubnisfeldes erstmals eindeutig geochemisch belegt werden (Abb. 1). Im Bereich der aus den früheren Untersuchungen bekannten Vererzungen und Bergbauspuren im Güttingwald und entlang des Braunbeergrabens sind etwa 3 km lange, diskontinuierliche Gold- und Arsenanomalien erkennbar (Abb. 1 und 2). Die auffällige Anomalie südlich Gartenried konnte ebensowenig weiter verfolgt werden wie die sonstigen, meist punktförmigen Anomalien im beprobten Areal. Letztere sind überwiegend an Talalluvionen gebunden und könnten somit sekundäre Metallanreicherungen darstellen. Bemerkenswert ist auch, daß die Bergbauspuren am Weißbach, am Falzbach und am Rössllohbach und vor allem am Forellenbach nicht deutlich als Arsenanomalien in der Karte hervortreten. Dieses Phänomen läßt sich beim momentanen Kenntnisstand nicht gut erklären, zumal es sich in einigen Fällen sicher nicht um alluviale Vorkommen handelt.

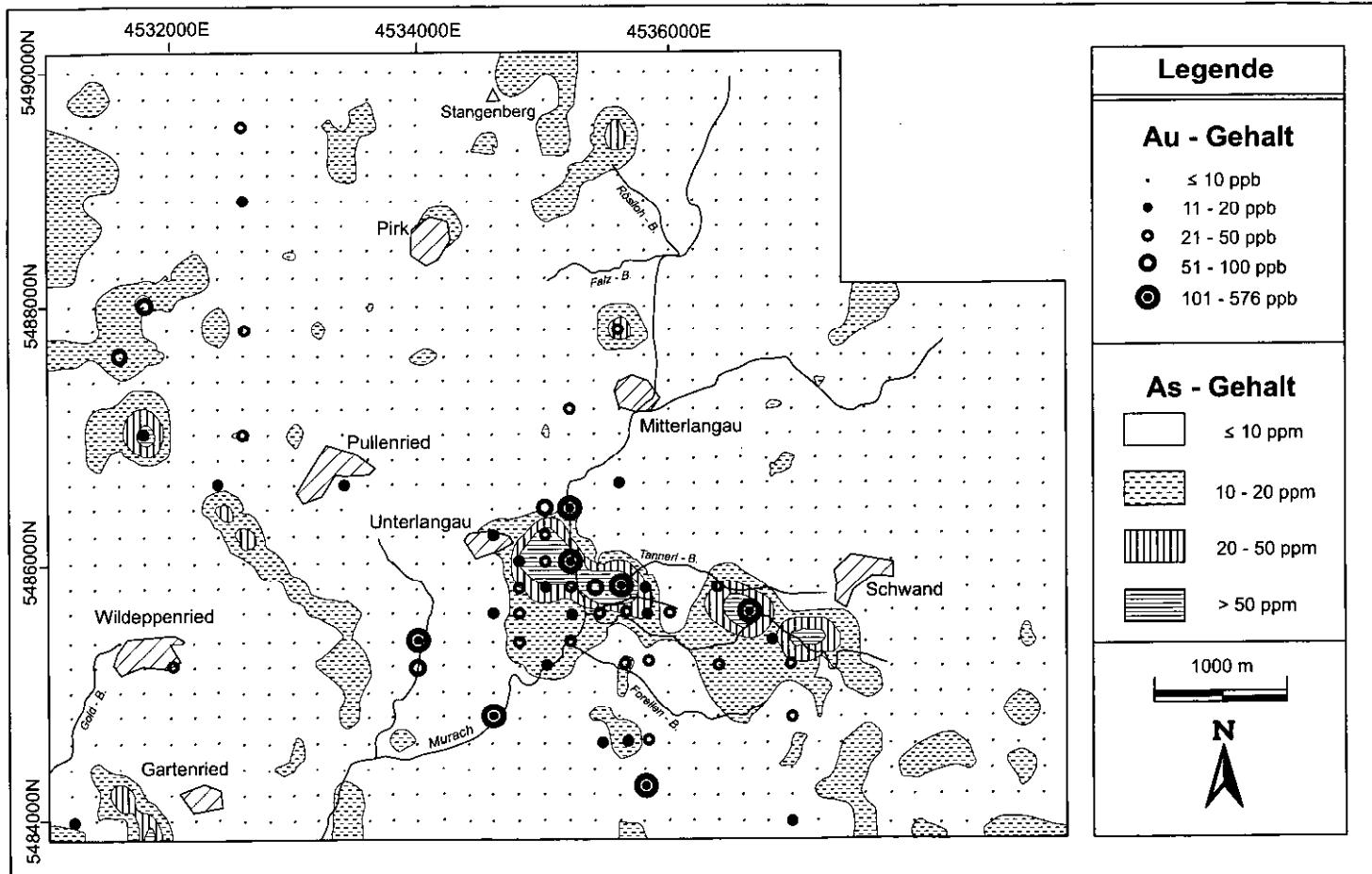


Abb. 1. Übersichtskarte der bodengeochemischen Prospektion der DRTM auf Arsen und Gold im oberen Murachtal nordöstlich von Oberviechtach.

Aufgrund der Ergebnisse der Probenahme im 200 m-Probenetz wurde östlich von Unterlangau über die erkannte WNW–ESE-ausgerichtete Anomalie ein verdichtetes Netz mit Grundlinien senkrecht zur Längserstreckung der Anomalie im 125 m-Abstand ausgelegt. Der Abstand der einzelnen Probenpunkte auf den Linien betrug 25 m, es wurde dabei ebenfalls der B-Horizont beprobt. Das Probennetz dehnt sich östlich von Unterlangau bis in das Gebiet südlich Schwand aus, wobei einige Profillinien bis zum Dorf Rackenthal nach Südosten verlängert wurden (Abb. 2).

Das Probennetz umfaßte 525 Entnahmepunkte, die Proben wurden aufgrund der Erfahrungen bei der ersten Probenkampagne nur auf Gold und Arsen analysiert. Bei der Beprobung wurden im Gegensatz zu einer früheren Beprobung durch die PREUSSAG AG auch die Bereiche der Bergbauspuren systematisch mituntersucht. Die in den Haldenzonen auftretenden deutlich erhöhten Gold- und Arsengehalte müssen aufgrund der möglichen anthropogenen Umlagerung dieses Materials vorsichtig interpretiert werden (Abb. 2 u. 3). Die Überlagerung der Abbauspuren mit dem Ausbiß der Vererzung ist jedoch eindeutig.

Arsen ergibt deutlichere Anomalien als das unregelmäßiger im Boden verteilte Gold (Abb. 3). Das geochemisch mobilere Arsen weist außerdem eine höhere Diffusion im verwitterten Gestein und dem überlagernden Boden auf. Die Untergrundgehalte an Arsen liegen bei weniger als 10 ppm, was gut mit den bisherigen Erkenntnissen und den Ergebnissen der Kernbohrungen übereinstimmt. Anhand der Arsenanomalie ist die Fortsetzung der Vererzung nach ESE über die Bergbauspuren hinaus in Richtung des Dorfes Schwand nachzuvollziehen. Die Anomalie wird mehrmals deutlich unterbrochen und lateral versetzt. Diese aus der Elementverteilung in den Bodenproben zu vermutenden Störungen könnten aufgrund ihrer Richtung mit den aus Satellitenbildauswertung und Kartierungen bekannten NNW–SSE-Kluftrichtungen übereinstimmen. Auch die Ausbildung des gesamten Höhenrückens von Schwand und die Begrenzung der dort befindlichen Felsaufschlüsse deuten auf ein derartiges Störungssystem hin. Eine Verwerfung dieses Typs könnte auch für das relativ abrupte Absetzen der geochemischen As-Anomalie nach NE hin verantwortlich sein. Der vermutete Verlauf der Störungen geht aus der Isolinienkarte der Arsengehalte hervor (Abb. 3).

## 2. Kernbohrungen am Braunbeergraben

Anhand der Verteilung der geochemischen Anomalien der Detailbeprobung wurden 2 Lokalitäten für Kernbohrungen ausgewählt (Abb. 2). Die beiden Kernbohrungen werden im folgenden als KB1 und KB2 bezeichnet. Der erste Bohrpunkt wurde im Unterlauf des Braunbeergrabens im Bereich der intensivsten alten Abbauspuren angelegt und sollte die hohe kombinierte Gold-Arsen-Anomalie etwa 600 m östlich der Bohrungen der PREUSSAG am Gütting überprüfen (Abb. 3).

Eine zweite Kernbohrung wurde im Bereich des oberen (östlichen) Endes der Abbauspuren am Braunbeergraben auf die Gold-Arsen-Anomalie in etwa 648 m Höhe am sogenannten Schwander Höhenrücken, 1,5 km östlich des Güttingwaldes, angesetzt. Zwei weitere Bohrungen waren zwischen den ersten Bohrpunkten

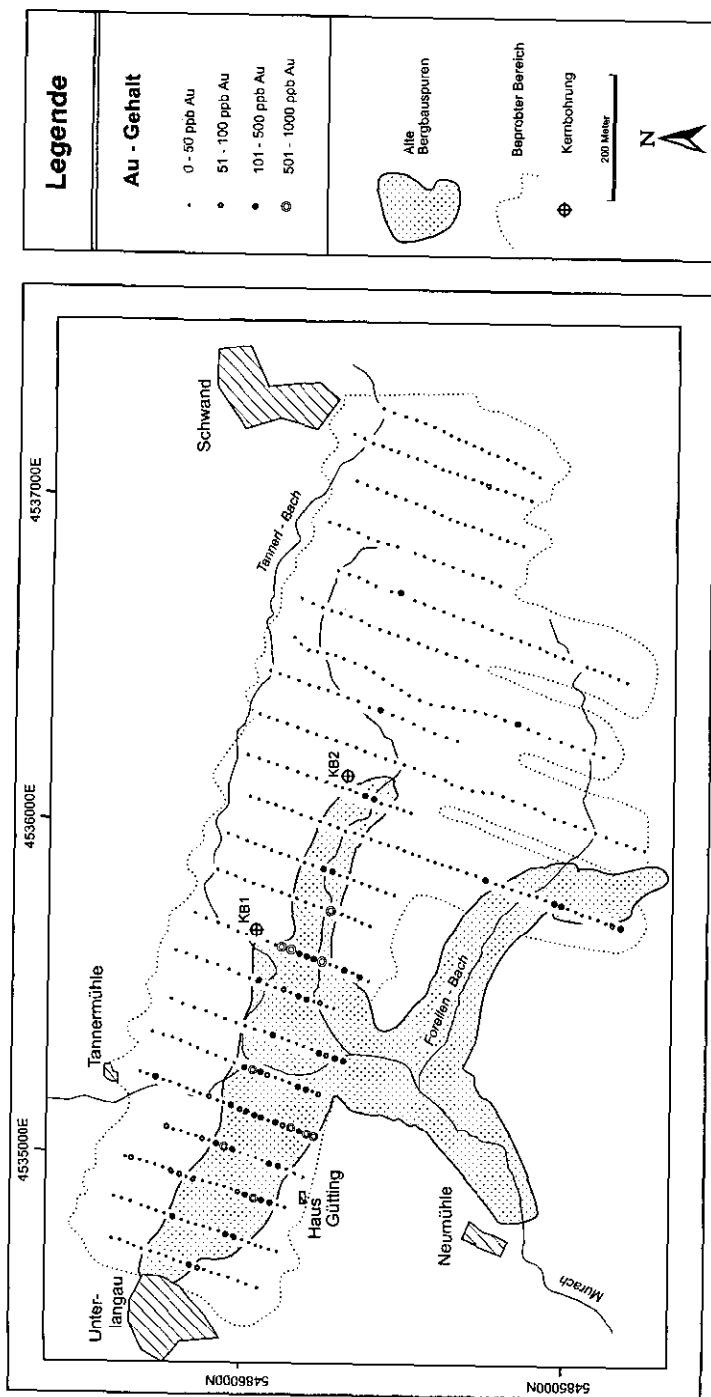


Abb. 2. Au-Gehalte im Bereich des Geochemie-Grids im Bereich Güttingwald/Braunbergraben mit Lage der Bergbauspuren und der Kernbohrungen KB1 und KB2. Aufgrund der Störungen durch den Nuggeteffekt wird auf eine Isoliniedarstellung verzichtet.

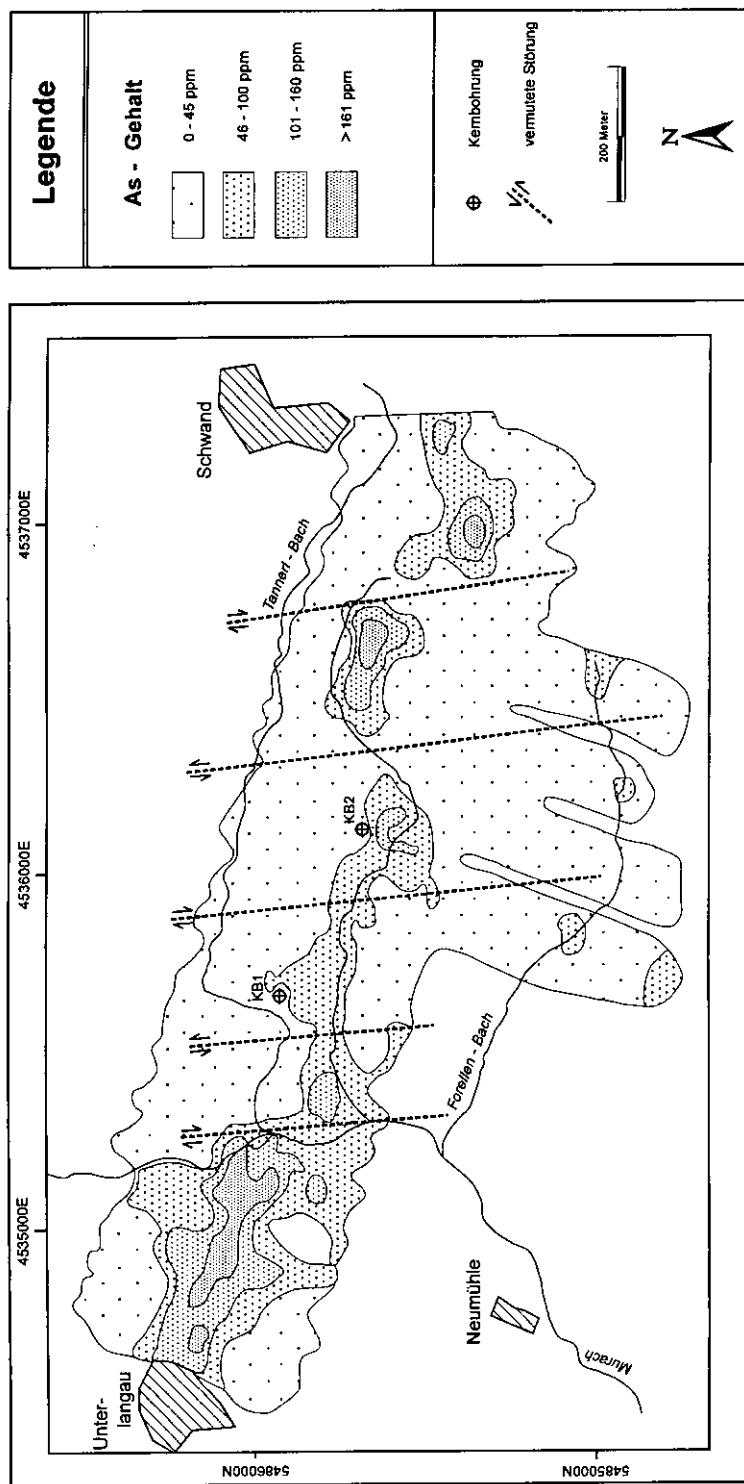


Abb. 3. As-Verteilung im Bereich des Geochemie-Grids im Bereich Güttingwald/Braunbeergaben.

geplant; sie wurden aufgrund bohrtechnischer Probleme und zu geringer Goldgehalte in den beiden durchgeföhrten Bohrungen nicht abgeteuft.

Die Bohrungen wurden im Sommer 1995 mit einem Winkel von 60° nach 160° bzw. 180° abgeteuft, sie erreichten Längen von 196,5 m (KB1) bzw. 124 m (KB2).

Die Bohrkerne wurden mit einer Diamantsäge längs halbiert und eine Hälfte für die chemische Analyse verwendet. Die chemische Analyse erfolgte auf die Elemente Au und As mit einer Nachweisgrenze von 0,1 ppm Au und 3 ppm As. Die Bohrkerne werden derzeit vom Lehrstuhl für Angewandte Mineralogie und Geochemie der TU München aufbewahrt und stehen für wissenschaftliche Untersuchungen weiterhin zur Verfügung.

## 2.1. Petrographisches Profil der Kernbohrungen

Im Bereich der beiden Kernbohrungen wurden überwiegend Cordierit-Sillimanit-Gneise und Quarzitische Gneise angetroffen. Granit tritt sehr untergeordnet in Form geringmächtiger Gänge auf. Auffallend gegenüber den Bohrkernen aus dem Güttingwald westlich der Murach ist hier die durchgehend starke Alteration der Bohrkerne, die jedoch offensichtlich keinen Einfluß auf die Verteilung der Goldvererzung genommen hat.

Die Kernbohrung KB1 erreichte erst ab etwa 85 Bohrmetern, das entspricht einer vertikalen Tiefe von 55 m, die unverwitterten Gneise (Abb. 4). Darüber wurde eine stark verwitterte Abfolge von Cordierit-Sillimanit-Gneisen und Quarzitischen Gneisen durchteuft, in der immer wieder unverwitterte Partien mit bis zu einigen Metern Mächtigkeit angetroffen wurden. An vier Stellen wurden 1–2 m mächtige Granitgänge durchteuft. In der gesamten Gneisabfolge treten Quarzknauren auf. Zwischen 20 und etwa 85 m Bohrteufe ist der Cordierit-Sillimanit-Gneis stark hydrothermal alteriert und zum „Fleckengneis“ umgewandelt. Dieses Erscheinungsbild resultiert aus der fast vollständigen Serizitisierung des Gesteins mit reliktischen Cordieritaggregaten. Am gesamten Bohrkern konnten nur geringe äußerliche Anzeichen für eine Vererzung entdeckt werden, die mit dem geochemischen Befund zu korrelieren wären. Eine etwa 1 m mächtige Störungszone in einer Tiefe von ca. 130 m konnte nicht mit erhöhten Metallgehalten in Verbindung gebracht werden. Wie bei früheren Kernbohrungen lagen die geochemischen Anomalien in unauffälligen Partien der Cordierit-Sillimanit-Gneise.

Kernbohrung KB2. Die zweite Kernbohrung zeigt im Profilschnitt (Abb. 5) unter einer etwa 35 m dicken Zone verwitterter Gneise wiederum frischen Cordierit-Sillimanit-Gneis mit Quarzknauren. Auffällig ist im Gegensatz zu den bisherigen Bohrungen das weitgehende Fehlen von alteriertem Cordierit-Sillimanit-Gneis. Dies kann an der relativen Ferne vom Granitkörper von Unterlangau liegen, der offensichtlich maßgeblich zur Bildung der ausgedehnten Alteration geführt hat. Die Ferne von granitischen Intrusionen lässt sich auch daraus ableiten, daß in der gesamten Bohrung nur ein geringmächtiges Granitgängchen angetroffen wurde. In dieser Bohrung treten mehrere Störungszonen auf, die bereits Teil eines Störungssystems sein könnten, das vermutlich die Goldvorkommen nach Osten hin abschneidet.

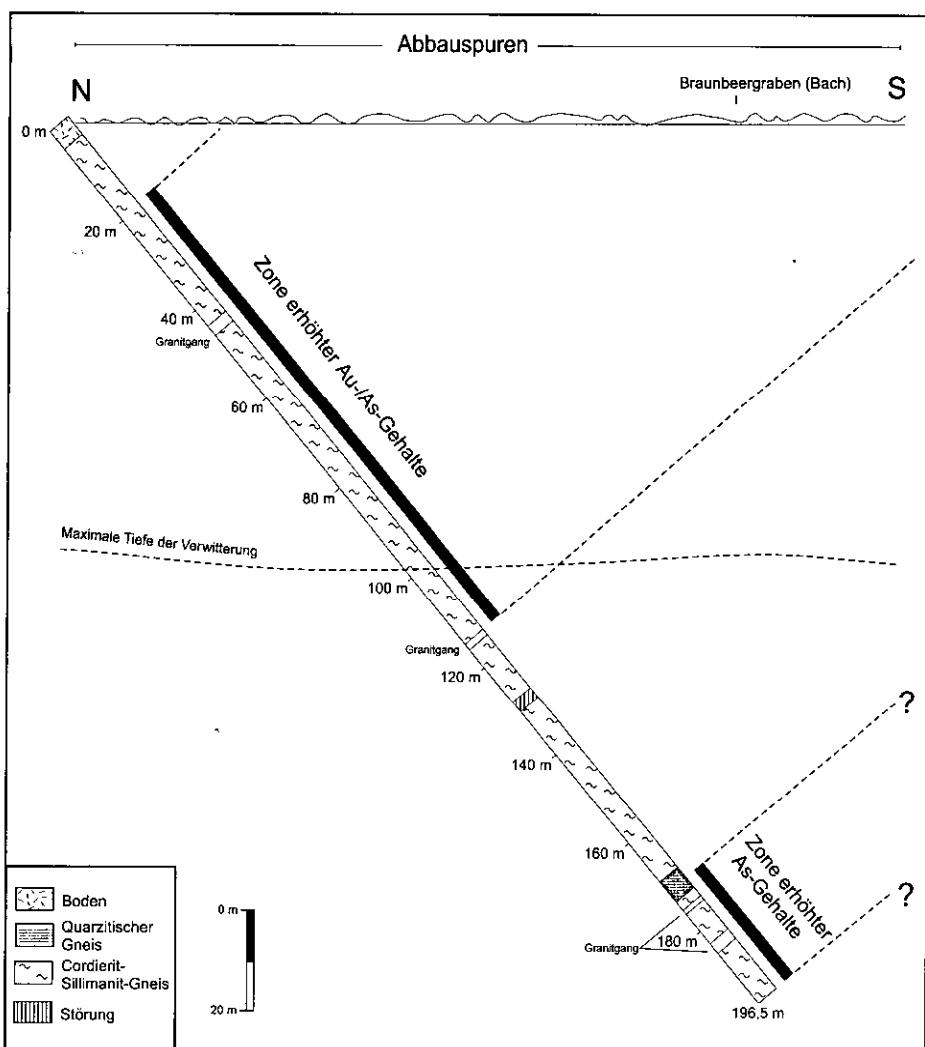


Abb. 4. Petrographisches Profil durch die Kernbohrung KB1 am Unterlauf des Braunbeergrabens mit der Projektion des vererzten Bereichs auf die Oberfläche.

## 2.2. Gold- und Arsengehalte der Bohrungen

**Kernbohrung 1.** Die direkte Korrelation der Gold- und Arsengehalte in der Kernbohrung mit den Anomalien der Bodenbeprobung konnte eindeutig mit der Kernbohrung KB1 hergestellt werden. Im Bereich zwischen Bohrmeter 20 und 75 konnte eine sehr ausgeprägte As-Anomalie gekoppelt mit stark erhöhten Goldgehalten festgestellt werden (Abb. 6). Durch die logarithmische Skalierung der Darstellung zeigt sich beim Gold die scharfe Abgrenzung der mindestens 40 m, vielleicht sogar 70 m mächtigen Vererzungszone. Auffällig sind die bei den Arsengehalten deutlich zu unterscheidenden zwei Teilanomalien zwischen 20 und 38 m bzw. zwischen etwa 50 und 75 m, was wie am Goldvorkommen Gütting auf

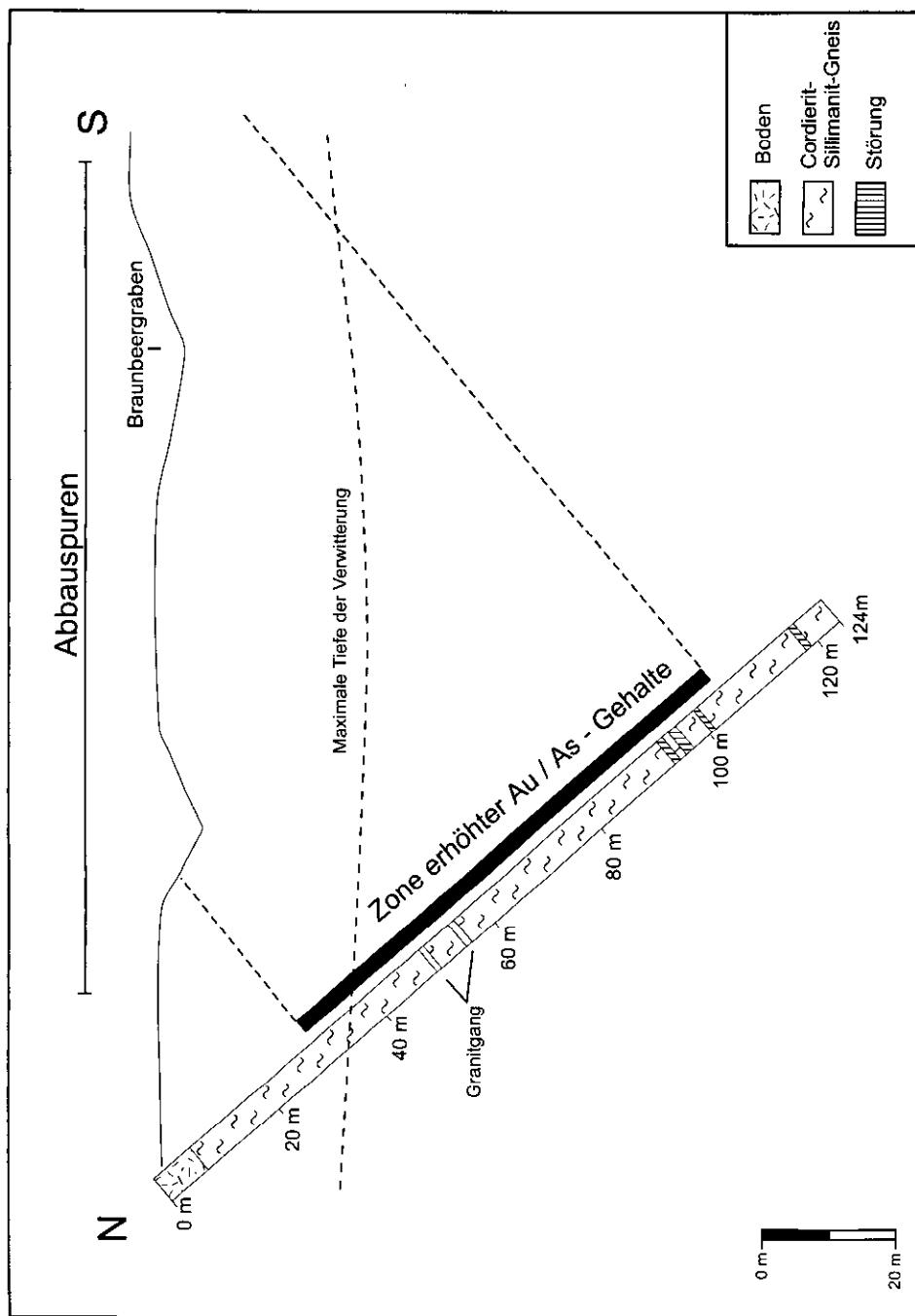


Abb. 5. Petrographisches Profil durch die Kernbohrung KB2 am Oberlauf des Braunebecker Grabens mit der Projektion des vereinigten Bereichs auf die Oberfläche.

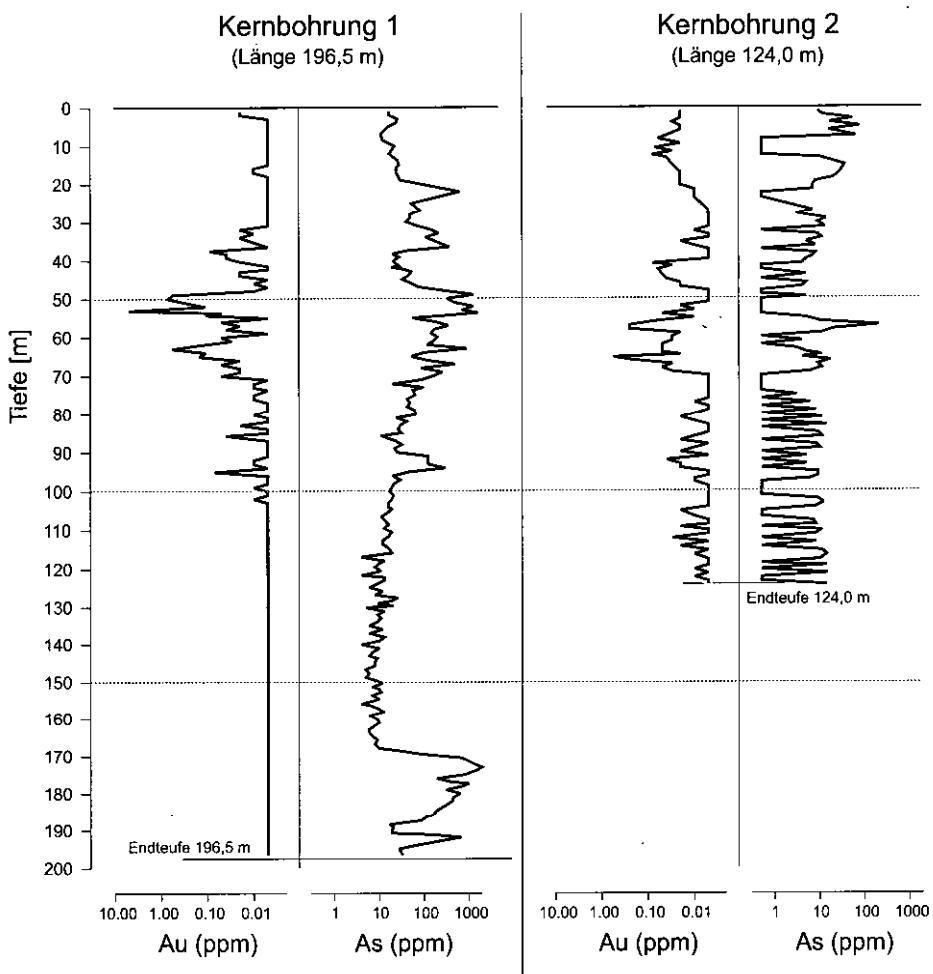


Abb. 6. Gold- und Arsengehalte in den Kernbohrungen am Braunbeergraben.

zwei separate Vererzungshorizonte innerhalb einer hier etwa 50 m mächtigen Vererzungszone hindeutet. Die gesamte Gold-Arsen-Vererzung liegt in dieser Kernbohrung im verwitterten Bereich und kann somit makroskopisch in den Bohrkerzen nicht als Arsenmineralisation wahrgenommen werden.

Von besonderer Bedeutung ist eine starke As-Anomalie mit Gehalten von bis zu ca. 2000 ppm, die zwischen etwa 170 und 195 m durchteuft wurde. Die ausschließliche Anreicherung von As ohne einen einzigen Goldnachweis konnte an dieser Stelle erstmals angetroffen werden. Diese Vererzung lässt sich weder mit einer Abbauzone an der Oberfläche in Verbindung bringen, noch ergibt die Bodenbeprobung Hinweise auf eine As-Anomalie im Bereich des projizierten Ausbisses dieses Vererzungskörpers. Eine Interpretation dieses Erzkörpers muß daher zunächst ausbleiben.

**Kernbohrung 2.** Die zweite Kernbohrung sollte die bereits oben beschriebene bodengeochemische Arsenanomalie als auch die vorhandenen Bergbauspuren am Oberlauf des Braunbeergrabens unterteufen. In der Bohrung tritt eine relativ oberflächennahe Vererzung im Bereich von 2–15 m auf, die aufgrund der starken Verwitterung des Gesteins nicht näher zu charakterisieren ist. Die Arsengehalte sind insgesamt relativ gering, zeichnen aber die Vererzungszone deutlich nach (Abb. 6). Bei etwa 60 m Bohrtiefe konnte eine zweite geringe Gold- und Arsenvererzung festgestellt werden, die in der Projektion an die Oberfläche im Bereich der Bergbau-spuren ausstreckt. Die Vererzung läßt sich allerdings nur bedingt mit den Ergebnissen in den bisherigen Kernbohrungen vergleichen, da sowohl die breite Arsenanomalie weitgehend fehlt und auch die Goldgehalte eher sporadisch erhöht sind. Die Ursache für diese geringen Metallgehalte, obwohl an der Oberfläche noch sehr hohe Arsengehalte nachzuweisen sind, läßt sich anhand einer einzigen Kernbohrung sicher nicht zufriedenstellend ergründen. Im ungünstigsten Falle durchteuft die KB2 gerade einen Bereich einer tektonisch ausgedünnten Vererzungszone. Zur Klärung dieser Frage wären aber weitere Tiefensorierungen unabdingbar.

### 2.3. Interpretation der Vererzung

Die beiden Kernbohrungen haben es ermöglicht, die Vererzung im Bereich des Braunbeergrabens erstmals im Gestein zu erfassen. Allerdings muß man die Verlässlichkeit der Aussagen von nur zwei Bohrungen bezüglich der wirklichen Goldgehalte und der definitiven Ausdehnung der Vererzung kritisch betrachten.

Die beiden Kernbohrungen konnten allerdings eine direkte Verbindung der Abbauspuren an der Oberfläche mit dem Ausbiß von teilweise verwitterten primären Vererzungen im Untergrund bestätigen. Die erhöhten Gold- und Arsengehalte treten überwiegend in nicht zerscherten und nicht alterierten Gneisabfolgen auf. Die angetroffenen Vererzungen weisen auf eine schieferungskonkordant horizontgebundene, diffuse Vererzung mit der Elementassoziation Au-As-Bi hin. Es kann somit die im Arbeitsmodell zur Diskussion gestellte postmetamorphtektonische Kontrolle der Vererzung klar widerlegt werden. Es finden sich auch keine Anhaltspunkte für eine direkte Vergleichbarkeit mit Vererzungen des Typs Kašperské Hory in Böhmen, wie sie von MORÁVEK (1996) bisher angenommen wurde. Mit dieser Bohrkampagne konnte jedoch der sehr wichtige Nachweis der Fortsetzung der primären Vererzungen vom Güttingwald nach SE über die Murach hinweg bis in den Bereich des Braunbeergrabens geführt werden. Es kann außerdem gezeigt werden, daß tatsächlich nur eine Zone über die Murach nach SE in den Braunbeergraben streicht, während die im Güttingwald vorhandene zweite Vererzungszone sich wohl im Forellenbachthal fortsetzt, aber dort nicht mit der für Gütting und Braunbeergraben typischen Arsenanomalie assoziiert ist.

Die direkte Korrelation der bodengeochemischen Analysen mit den Ergebnissen der Kernbohrungen ist bedingt möglich, da der von LEHRBERGER (dieser Band) für die spezielle Situation in diesem Gebiet beschriebene „Nuggeteffekt“ für die Goldführung von großer Bedeutung sein dürfte. Vor allem bei den dünnen Bohrkernen kann man bei nur zwei Kernbohrungen den Vergleich mit der berühmten Suche nach der Nadel im Heuhaufen berechtigt ziehen. Die im tiefen Teil der Bohrung KB1 auftretende starke Arsenanomalie wird als separater Vererzungshorizont gedeutet.

Die Aufteilung der Vererzung in zwei Vererzungshorizonte, wie sie von LEHRBERGER et al. (1990) für den Güttingwald angenommen wird, kann im Bereich des Braunbeergrabens nur in der Kernbohrung KB1 nachvollzogen werden.

### **3. Geochemisch-mineralogisches Profil entlang der MERO-Pipelinetrasse**

Im Winter 1994/1995 und im darauffolgenden Frühjahr ergab sich durch den Bau der Mitteleuropäischen Rohölleitung (MERO) von Ingolstadt nach Litvínov (Tschechische Republik) die Gelegenheit, eine montanarchäologische Untersuchung der Abbauspuren der Goldgewinnung im Bereich des ehemaligen Bergwerks Gütting durchzuführen. Die Trasse der Pipeline durchschneidet die südwestliche Zone der Bergbauspuren in einer Zone, die heute eingeebnet ist, aber aufgrund von Luftbildauswertungen und Kartierungen als ehemalige Bergbauzone identifiziert werden konnte (Abb. 7). Eine Prospektionsgrabung im Vorfeld der eigentlichen Bauarbeiten konnte zeigen, daß unter einer etwa 15–20 cm mächtigen humosen Überdeckung deutlich die sandig-kiesigen Haldenzonen vom lehmig verwitterten Anstehenden unterschieden werden können. Die auffallendsten archäologischen Strukturen waren holzkohlereiche Aschenflecke (wohl ehemalige Feuerstellen), die Halden selbst mit ihrer lockeren Schüttung sowie der Befund eines vermutlich eingestürzten Stollens an der tiefsten Stelle der Grabung. Die archäologische Situation wird ausführlich von LEHRBERGER & HALLER (1997) behandelt.

Die ursprünglich vorgesehene Grabung mit Unterstützung eines Kleinbaggers mußte sehr bald zu einer Großgrabung mit einem Schaufelbagger erweitert werden, um bis zum Grund der ausgedehnten und tiefen ehemaligen Abbaue vorzudringen (Abb. 8). Auf diese Weise konnte über eine Länge von mehr als 50 m die Halden- und Verfüllungszone innerhalb eines ehemaligen Tagebaus bis zum anstehenden Gestein durchteuft werden. Der Termindruck der Bauarbeiten und die geringe Stabilität der bis über 4 Meter tiefen Grabung machten es nötig, mit dem Schaufelbagger relativ zügig vorzugehen. Der etwa 3 m breite Bagerschnitt wurde bis zu einer Tiefe von 4,5 m abgetieft, die Profile an den Seitenwänden wurden gemeinsam von den Archäologen und Geologen aufgenommen und beprobt.

Die Verfüllung mit lockerem Haldenmaterial zeigt Schüttungsstrukturen von einzelnen Halden gemäß dem Bild der in nordwestlicher Fortsetzung im Wald liegenden, noch erhaltenen Bergbauspuren. In dem Haldenmaterial ist stellenweise auffallend viel Holzkohle enthalten. Diese Holzkohlefunde, deren radiometrische Datierung noch aussteht, entsprechen dem Befund der Schlitzsondierungen im Bereich des Braunbeergrabens, bei denen ebenfalls in einer Tiefe von mehreren Metern noch Holzkohlefragmente auftraten (LEHRBERGER et al. 1988).

#### **3.1. Das petrographische Profil im Bagerschnitt**

Der Schurf zeigte eine Wechselfolge von überwiegend grusig verwitterten Cordierit-Sillimanit-Gneisen und Quarzitischen Gneisen, wie sie aus dem Schurf und den Kernbohrungen im östlich anschließenden Güttingwald schon bekannt war (LEHRBERGER et al. 1990). Die Gesteinsansprache konnte aufgrund der perfekten

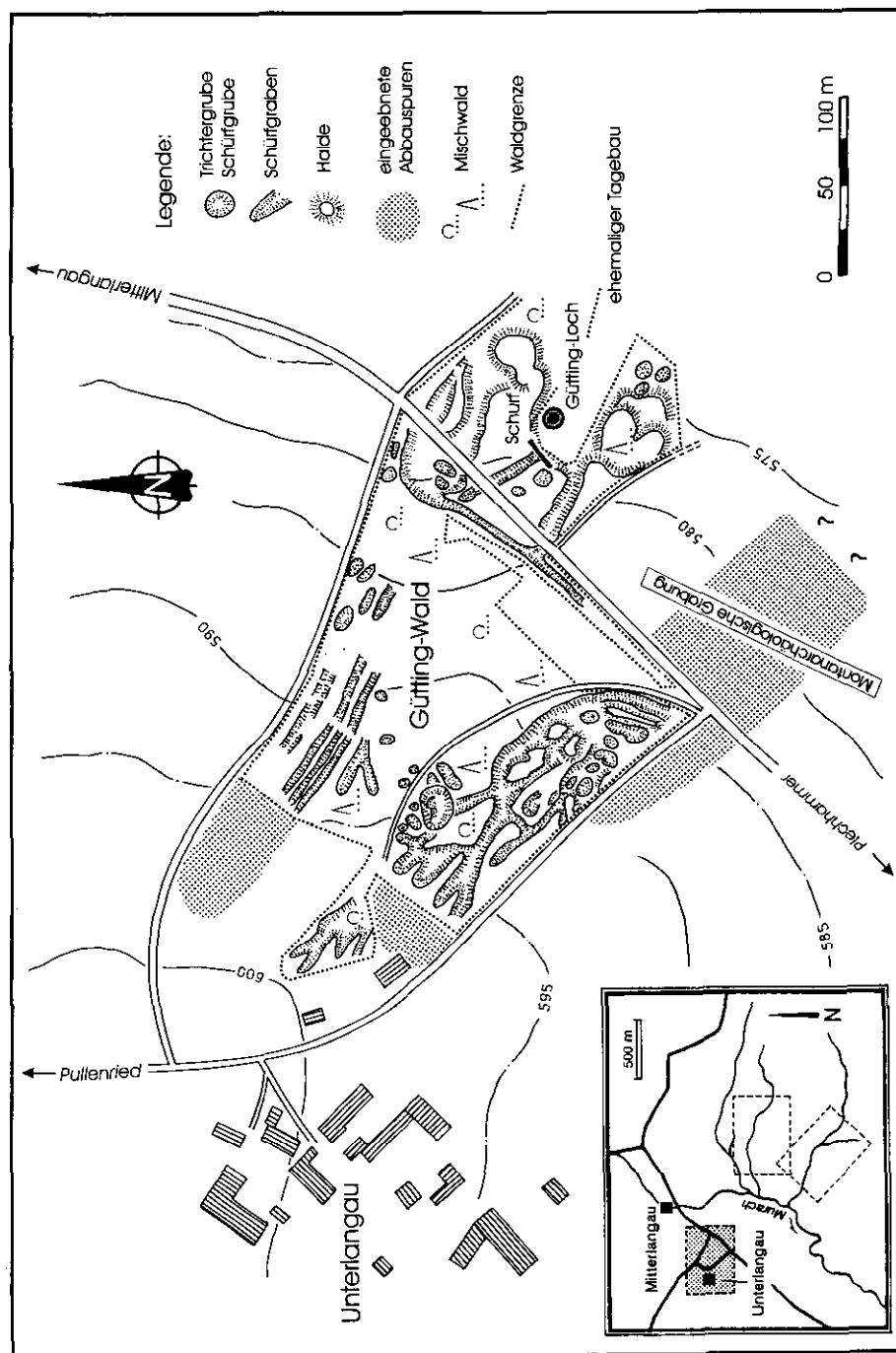


Abb. 7. Lage des montanarchäologischen Schnittes entlang der Trasse der MERO-Pipeline im historischen Bergbaugebiet Güting-Unterlangau.

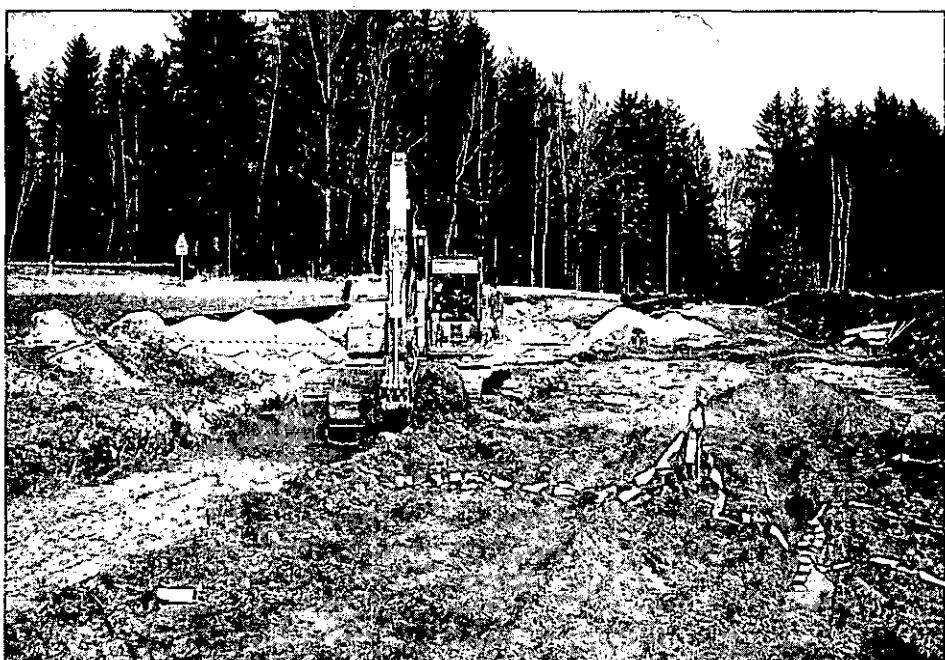


Abb. 8. Montanarchäologische Großgrabung durch den ehemaligen Tagebau im Bereich der MERO-Pipelinetrasse südöstlich Unterlangau.

Aufschlußverhältnisse des geputzten archäologischen Planums problemlos und eindeutig erfolgen. An einigen Stellen konnten gangförmige Granitintrusionen von wenigen cm bis mehreren m Mächtigkeit angetroffen werden (Abb. 9).

Besonderes Augenmerk wurde in diesem flächig freigelegten Aufschluß auf Störungen und Gangstrukturen gelegt, die aber an keiner Stelle angetroffen werden konnten. Somit konnte auch an dieser Stelle kein Anhaltspunkt für eine post-metamorphe tektonische Kontrolle der Vererzungen gefunden werden. Auffällig gefärbte Zonen im Profil wurden einer besonders sorgfältigen Probenahme mit erhöhter Probenmenge unterzogen, um eventuelle Alterationen im Zusammenhang mit der Vererzung zu erfassen.

### 3.2. Geochemisches Profil

Direkt nach der Freilegung des Anstehenden und der geologischen Dokumentation wurden etwa 1 m lange, 20 cm breite und 5 cm tiefe Schlitzproben zur geochemischen Analyse entnommen. Dies ermöglicht es erstmals, über den kompletten Ausbißbereich der vermuteten Vererzung geochemische und mineralogische Informationen zu gewinnen. Das Probengewicht betrug zwischen 7 und 9 kg, an einigen geologisch interessanten Stellen bis über 100 kg. Das grusig verwitterte Material wurde mechanisch weiter zerkleinert, getrocknet, gesiebt und dann bis auf die endgültige Analysenmenge von 250 g geteilt. Die chemische Analyse auf die Elemente Au, As und Bi erfolgte in einem Labor der Firma Rio Tinto in England.

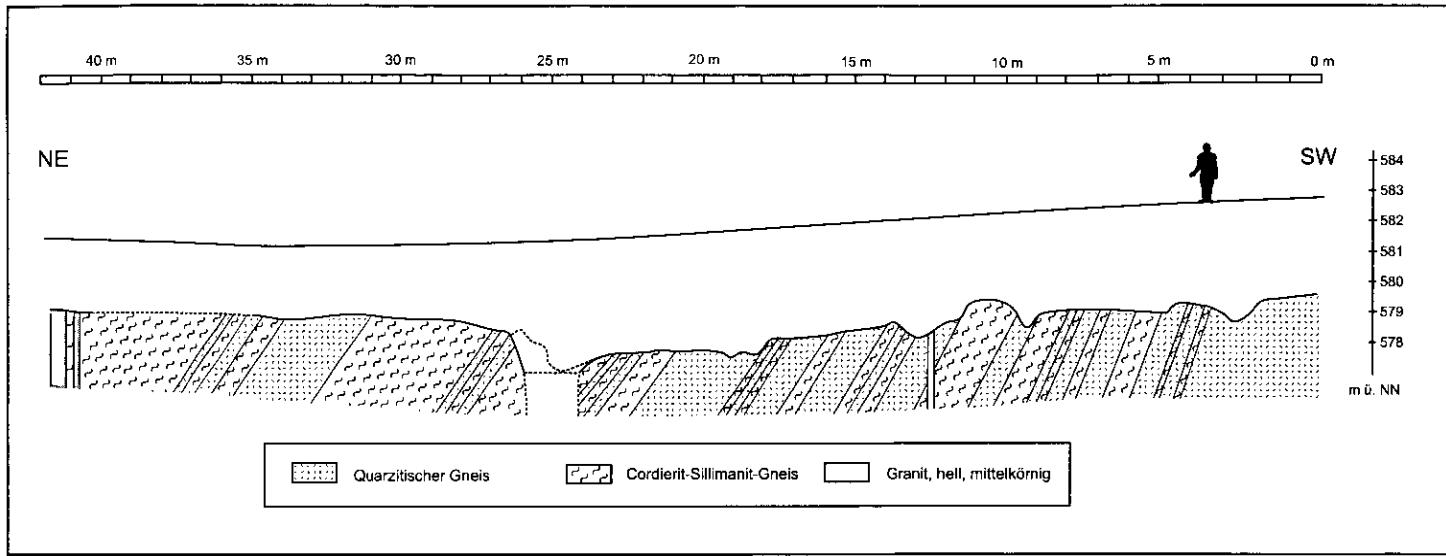


Abb. 9. Geologisches Profil durch den Baggerschnitt südöstlich Unterlangau.

Der Rest des Probenmaterials wurde für die weitere mineralogische Untersuchung verwendet. Diese erfolgte an Schwermineralkonzentraten, die aus dem zerkleinerten Probematerial hergestellt wurden. Die Anreicherung erfolgte mechanisch-gravitativ mit verschiedenen Waschpfannen. Anschließend wurden unter dem Stereomikroskop die Goldkörner aus dem Konzentrat für die weitere raster-elektronenmikroskopische Untersuchung separiert (vgl. auch den Beitrag zur Methodik von LEHRBERGER in diesem Band).

Die Goldgehalte im Schurf sind nahezu gleichmäßig über die gesamte Länge verteilt und erreichen in der Probe GS13 zwischen 17 und 18 m der internen Bemaßung ein Maximum mit 3,6 ppm (Abb. 10). Es läßt sich dabei keine lithologische oder strukturelle Kontrolle der Goldgehalte erkennen. Diese Ergebnisse entsprechen in ihrer Dimension den aus früheren Untersuchungen bekannten und weiter oben in diesem Aufsatz beschriebenen Goldgehalten in vergleichbaren Bodenproben. Die häufig auftretenden, gegenüber dem Untergrund (0,01 ppm) deutlich erhöhten Goldgehalte von 0,5 bis 1 ppm weisen darauf hin, daß die Vererzung im gesamten Schnittbereich feinverteilt in den Gneisen auftritt.

Die Arsengehalte schwanken zwischen 25 und 100 ppm und lassen im Verlauf des Schnittes drei Zonen mit erhöhten Gehalten erkennen: zwischen 3 und 13 m, zwischen 20 und 23 m und zwischen 35 und 43 m. Allerdings ist auch innerhalb der Anomaliebereiche eine relativ starke Schwankung der Gehalte zu verzeichnen.

Bismut zeigt die deutlichsten Unterschiede in den Gehalten im Verlauf des Analysenprofils. Zwischen 5 und 15 m ist eine Zone mit erhöhten Gehalten von etwa 3 ppm erkennbar, die direkt von einer „negativen Anomalie“ zwischen 15 und 25 m gefolgt wird. Schließlich tritt im Bereich zwischen 26 und 33 m eine erneute Anreicherungszone NE dem tiefsten Punkt der alten Abbaue auf.

Die Elementverteilung (Abb. 10) zeigt, daß keine direkte Korrelation der Gehalte von Au, As und Bi zueinander besteht. Allerdings weisen Au, As und Bi deutliche absolute Anomalien im Bereich des Baggerschnittes auf, was auch durch den Vergleich mit den Resultaten der bodengeochemischen Untersuchung dieses Bereiches verdeutlicht wird (s.o.). Dies zeigt, daß die Vererzung im Anstehenden eindeutig angetroffen wurde und über die gesamte Länge der Eintiefung der ehemaligen Abbaue verteilt ist. Die ehemaligen Abbaue lassen sich somit, wie in den anderen Bereichen des Güttingwaldes auch, direkt auf den Ausbiß der Vererzungszone in Verbindung beziehen.

### 3.3. Freigoldführung im Anstehenden

Aus den Schwermineralkonzentraten der Schlitzproben aus dem Baggerschurf ließen sich zahlreiche Goldpartikel durch Schwermineraltrennung separieren. Vergleicht man die chemisch bestimmten Goldgehalte mit der Verteilung der Goldkörner (Abb. 10), so ist eine deutliche Diskrepanz zwischen den Anomalien festzustellen. Diese Störung kann durch den sog. Nuggeteffekt bei geteilten Proben eines inhomogen verteilten Stoffes erklärt werden (vgl. hierzu LEHRBERGER, dieser Band).

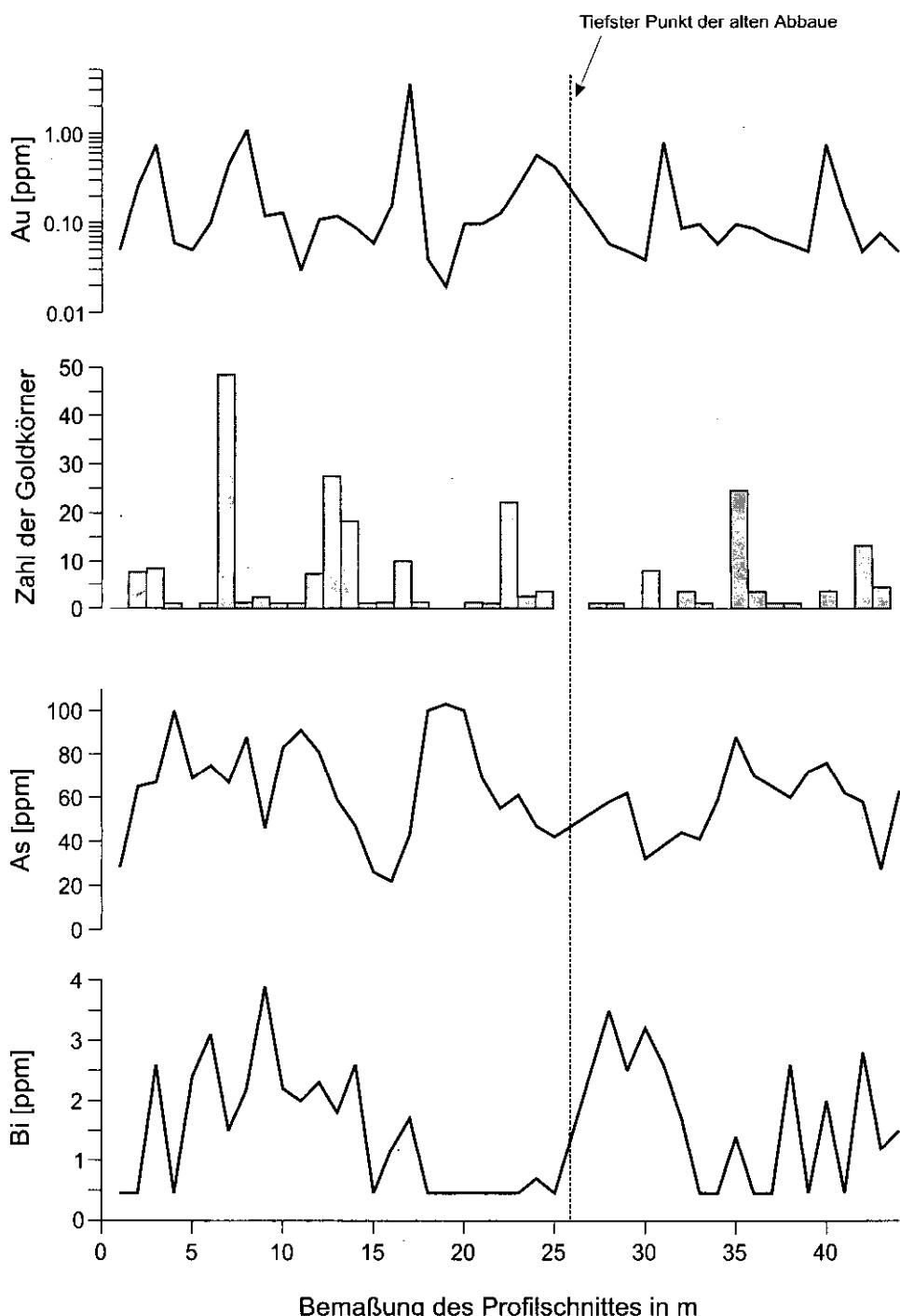


Abb. 10. Verteilung der Elemente Au, As und Bi und Anzahl der Goldkörner entlang des Profilschnittes der MERO-Trasse südöstlich von Unterlangau.

34 der 43 Schlitzproben enthielten wenigstens ein Goldkorn, die höchsten Gehalte liegen bei über 40 Goldkörnern. Die überwiegende Anzahl der Goldkörner weist eine Korngröße von unter 0,1 mm auf, das größte Goldkorn hat einen Durchmesser von ca. 1 mm. Betrachtet man die Verteilung der Goldkörner im Verlauf des Schurfes, so fällt eine Häufung der Goldkörner im Bereich zwischen 5 und 25 m auf, also in der Zone der tiefsten ehemaligen Abbaue. Im Haldenmaterial der Verfüllung des ehemaligen Tagebaues liegen die Goldkorngehalte niedriger.

Die Kornformanalyse im Rasterelektronenmikroskop ergab das Auftreten von wenigstens 2 Typen von Goldkörnern:

- a) der erste Typ weist kantige Kornformen auf, und man findet auf den Goldkörnern gelegentlich Kristallflächen. Diese Goldpartikel bilden oft massive Aggregate und sie stammen im Vergleich zu früheren Untersuchungen wohl aus der ehemaligen Verwachsung mit Löllingit/Arsenopyrit oder stellen frei im Gneis auftretende Goldkörner dar (Abb. 11 und 12).
- b) der zweite Typ zeigt schaumig-poröse Strukturen und eine sehr unregelmäßige Form der Goldkörner. Diese Körner können eindeutig einer ehemaligen Verwachsung mit Bismut in Form von Gold-Bismut-Myrmekit zugewiesen werden und konnten an dieser Lokalität bereits im unverwitterten Zustand angetroffen werden (LEHRBERGER et al. 1990) (Abb. 13 und 14).

Die aus den Schlitzproben gewonnenen Goldkörner stellen wichtige Vergleichsproben zu den Körnern aus den unverwitterten Bohrkernen und denjenigen aus Haldenzonen oder Bachsedimenten dar, da sie keine Deformationen durch Transport aufweisen.

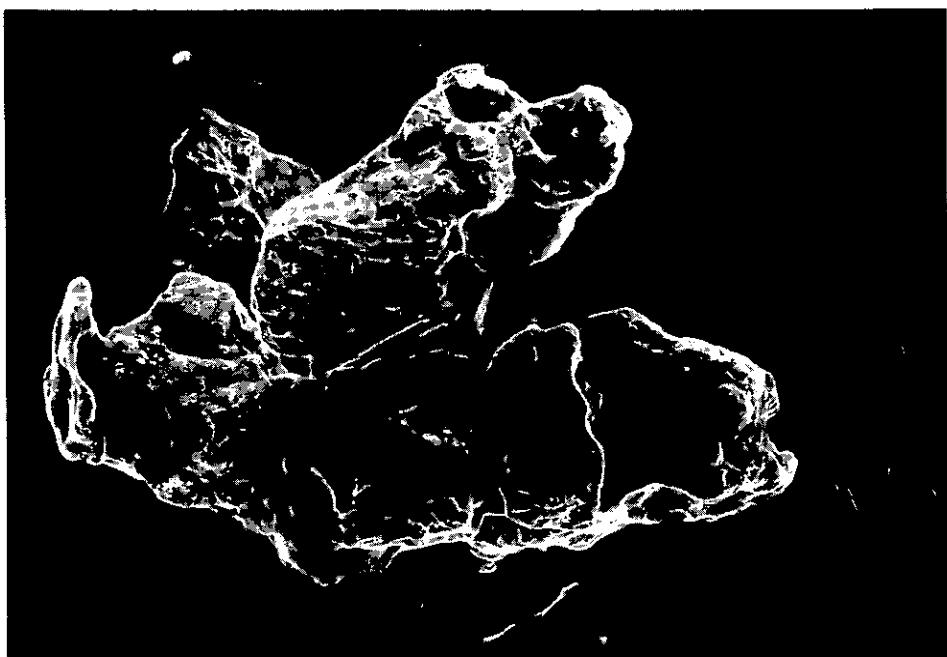


Abb. 11. Kantig-gezacktes Goldkorn wohl aus einer Verwachsung mit Arsenopyrit. – REM-Mikrofoto, Bildbreite: ca. 0,2 mm.

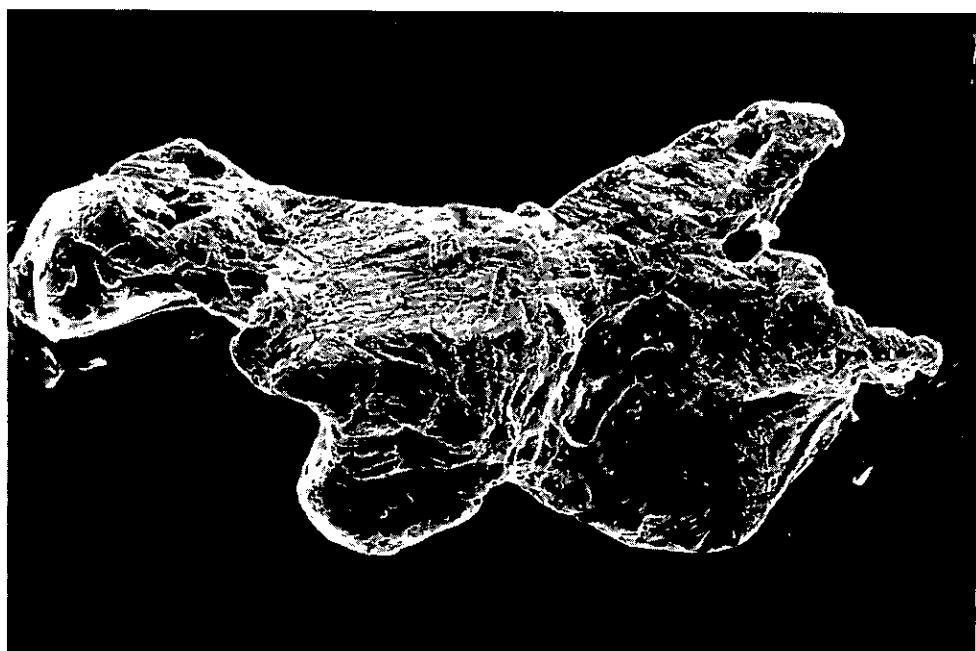


Abb. 12. Kantiges Goldkorn mit Kristallflächen bzw. Abdrücken der Verwachsung mit Arsenopyrit. – REM-Mikrofoto, Bildbreite: ca. 0,5 mm.



Abb. 13. Goldkorn mit Kristallform (links unten) und schaumig-poröser Struktur aus der myrmekitischen Verwachsung mit Bismut. – REM-Mikrofoto, Bildbreite: ca. 0,3 mm.



Abb. 14. Löchrig-poröses Goldkorn aus der ursprünglichen myrmekitischen Verwachsung von gediegen Gold und gediegen Bismut. – REM-Mikrofoto, Bildbreite: ca. 0,3 mm

Danksagung: Für die großzügige Überlassung von Arbeitsergebnissen gebührt mein großer Dank der Firma Deutsche Rio Tinto Mineralien GmbH (DRTM). Besonders Herr KLAUS RÜHMER und Herr Dr. DAVID CLIFF als Projektverantwortliche seien hier stellvertretend genannt. Herr RÜHMER hat dankenswerterweise auch das Abstract übersetzt. Besonderer Dank gilt auch dem BAYERISCHEN LANDESAMT FÜR DENKMALPFLEGE und dem Ingenieurbüro LÄSSER-FEIZL-MAYR (ILF) in Schwandorf für die Kooperation bei der Vorbereitung der montanarchäologischen Grabung und für die Erlaubnis der Probenahme. Frau Dipl.-Prähistorikerin PETRA HALLER und dem PLANA Team gilt der Dank für die Zusammenarbeit bei der Grabung und die Bereitstellung von archäologischen Arbeitsergebnissen. Herrn UDO HARTMANN danke ich für die Überarbeitung der Zeichnungen und Herrn GABRIEL RISSE für die REM-Aufnahmen der Goldkörner.

#### 4. Literatur

- LEHRBERGER, G. (1996): Gold im Raum Oberviechtach. I. Historischer Bergbau – Quellen und Geländebefunde. Oberviechtacher Heimatkd. Beitr., 4: 61–106, Oberviechtach (Heimatkd. Arb.-Kreis).
- LEHRBERGER, G. & HALLER, P. (1997): Archäologische und geologische Untersuchungen im Bereich eines mittelalterlichen Goldbergwerkes bei Unterlangau, Gde. Oberviechtach, Lkr. Schwandorf, Oberpfalz. – Beitr. z. Archäol. i. d. Oberpf., 1: 360–375, Büchenbach (Fau-stus).
- LEHRBERGER, G., PREINFALK, C. & MORTEANI, G. (1988): Historischer Goldbergbau im Oberpfälzer Wald im Licht neuer geologisch-mineralogischer Untersuchungen. – Acta Albertina Ratisbonensis, 45: 95–128, Regensburg.

LEHRBERGER, G., PREINFALK, C., MORTEANI, G. & LAHUSEN, L. (1990): Stratiforme Au-As-Bi-Vererzung in Cordierit-Sillimanit-Gneisen des Moldanubikums bei Oberviechtach-Unterlangau, Oberpfälzer Wald (NE-Bayern). – Geologica Bavarica, **95**: 133–176, München.

MORÁVEK, P. [ed.] (1996): Gold deposits of Bohemia. – 96 S., Prag (Czech Geol. Surv.).

MORÁVEK , P. et al. (Aut.-Koll., 1992): Zlato v Českém masívu – Gold in the Bohemian Massif. – 245 S., Prag (Czech Geol. Surv.).

Manuskript bei der Redaktion eingegangen am 24. 6. 1997.

# Gold und Arsen in Pilzen, Moosen und Baumnadeln – biogeochemische Aspekte einer „geogenen Altlast“ im Moldanubikum des Oberpfälzer Waldes bei Oberviechtach

Von ANDREAS WEBER, GERHARD LEHRBERGER und GIULIO MORTEANI

Mit 15 Abbildungen und 2 Tabellen

## Kurzfassung

Bei der Diskussion von Einträgen umweltrelevanter Elemente werden häufig natürliche Elementanomalien übersehen. Im Oberpfälzer Wald bei Oberviechtach wurde die Anwendbarkeit der biogeochemischen Prospektion auf „geogene Gold- und Arsenkontaminationen“ überprüft.

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden vor allem Pilze sowie Baumnadeln, Zweige, Baumrinden und Moose über einer bekannten Gold-Arsen-Vererzung mit der Instrumentellen Neutronenaktivierungsanalyse untersucht. Dieses Verfahren ist für Arsen und Gold sehr empfindlich und erfordert keinen Aufschluß des organischen Probenmaterials.

Die höchsten Goldgehalte wurden in den Kappen und Stielen der Maronenröhrlinge mit bis zu 230 mg/t (ng/g) gefunden. Arsen trat in allen Pflanzenproben mit durchschnittlich 1 g/t ( $\mu\text{g/g}$ ) auf und erreichte in Moosproben mit bis zu 95 g/t die höchsten Werte.

Auffälligstes Ergebnis der Untersuchung verschiedener Pilzteile ist, daß die Arsen- und Goldgehalte sich gegenläufig in den Kappen und Stielen sowie im Hymenium aller untersuchten Röhrenpilzarten verhalten. Baumrinden und Zweige zeigen von allen untersuchten Pflanzenteilen die geringsten Gehalte an Arsen (<0,5  $\mu\text{g/g}$ ) und Gold (<10 ng/g). Moose und Teile bestimmter Röhrenpilze sind wegen ihrer hohen Gold- und Arsengehalte für die biogeochemische Prospektion besonders geeignet. Die erwartete einfache Beziehung zwischen den Gold- und Arsengehalten der Pflanzen und denen der unterlagernden Vererzung wird durch das Auftreten von Fließerden und durch Halden und Schürfe der mittelalterlichen Bergbauaktivität gestört.

## Abstract

With respect to the atmospheric input of toxic elements in ecological systems, the occurrence of natural heavy metal enrichments are generally underestimated. Detailed investigations in the northern Oberpfälzer Wald near the town of Oberviechtach were undertaken in order to evaluate the use of biogeochemical prospecting of geogenic gold-arsenic-anomalies.

A large number of species, growing in the auriferous field, especially mushrooms, needles, twigs, barks of coniferous trees and mosses were analysed by neutron activation analysis. This method is very sensitive for the simultaneous determination of low levels of gold and arsenic in small quantities of plant material.

The highest amounts of gold (230 ng/g) were found in caps and stalks of higher fungi, e.g., *Boletus badius*. Gold levels in barks or twigs generally showed no significant accumulation. In all plant types the average arsenic level was about 1 g/t, although some mosses can accumulate up to 95 g/t of arsenic. The lowest gold and arsenic concentrations were observed in barks and twigs (<0,5  $\mu\text{g/g}$  As and (<10 ng/g) Au.

One striking result is, that gold and arsenic are enriched in different parts of the mushrooms. For example, gold is accumulated in caps and stalks, while arsenic accumulated principally in the

---

Anschrift der Verfasser: Dipl.-Min. ANDREAS WEBER, Max-Planck-Institut für Marine Mikrobiologie, Celsiusstr. 1, D-28359 Bremen; Dr. GERHARD LEHRBERGER, Prof. Dr.-Ing. GIULIO MORTEANI, Lehrstuhl für Angewandte Mineralogie und Geochemie, Technische Universität München, D-85747 Garching.

hymenium. Based upon these observations, mosses and parts of higher fungi are particularly qualified for biogeochemical prospection.

The use of biogeochemical prospecting in the Oberpfälzer Wald is complicated by geological and anthropogenic factors. The gold and arsenic field is overlain by glacially derived soils, thus there is no direct contact between the plants and soil derived from the bedrock. Secondly, the soils are also influenced by mining traces from the late Middle Ages.

Biogeochemically prospecting is a very promising method in any time with knowledge of soil structure and pollution history.

## Inhalt

1. Einleitung .....	230
2. Probenahme .....	233
3. Analysenverfahren .....	234
3.1. Bodenproben .....	234
3.2. Vegetationsproben .....	235
4. Die Metallgehalte der Böden und Pflanzenproben .....	238
4.1. Bodenproben .....	238
4.2. Vegetationsproben .....	240
4.2.1. Pilze .....	240
4.2.2. Nadelbaumspitzen und Moose .....	242
5. Lokalisierung der Gold- und Arsengehalte im Boden und in den Pflanzen .....	246
6. Möglichkeiten der biogeochemischen Prospektion „geogener Altlasten“ .....	247
7. Literatur .....	248

## 1. Einleitung

Die biogeochemische Prospektion auf Metallanreicherungen wird bereits seit dem Mittelalter angewandt. Bereits damals kannte man „Zeigerpflanzen“ wie das gelbe Galmeiveilchen (*Viola calaminaria*, eine Abart von *Viola lutea*), dessen Vorkommen BECK (1903) beschreibt. SKERTCHLY (1897) beschäftigte sich mit der australischen Kupferpflanze (*Polycarphaea spirostylis*). Aber auch das krankhaft veränderte Erscheinungsbild von Pflanzenteilen, wie Zwergwuchs oder die Verfärbung von Nadeln und Blättern lieferten Anhaltspunkte für das Vorhandensein von Erzgängen (AGRICOLA 1557).

Seit LUNGWITZ (1900) erstmals vorschlug, daß der Goldgehalt der Vegetation Anhaltspunkte auf eine Mineralisation im Boden geben kann, hat man viele Anstrengungen unternommen, dieses Metall in Pflanzen analytisch nachzuweisen. Heute bestimmt man die Metallgehalte der Pflanzen mit modernen analytischen Verfahren, wie der Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) oder der Instrumentellen Neutronenaktivierungsanalyse (INAA).

Spezifische Zeigerpflanzen für Gold, die für eine geobotanische Prospektion herangezogen werden könnten, sind nicht bekannt. Der Grund dafür liegt wohl in den geringen Goldgehalten im Boden oder Gesteinen und dessen chemischer Stabilität, so daß zu wenig Gold gelöst wird, um einen Einfluß auf das Pflanzenwachstum oder deren Aussehen zu haben. Trotzdem glaubte man im 19. Jahrhun-

dert verschiedenen Zeigerpflanzen für Gold auf der Spur zu sein. So vermuteten SPIX & MARTIUS (1824) verschiedene Zeigerpflanzen für Edelmetalle und Edelsteine. Später entdeckte FREISE (1935), daß goldführende Sande durch Pflanzen wie z. B. *Cecropia laetivirens* angezeigt werden können. Das Schachtelhalmgewächs (*Equisetum arvense*) wurde vor allem durch die Arbeiten von NEMEC et al. (1936) als eine goldanzeigende Pflanze bekannt. Es wurden Goldgehalte bis zu 610 ppm im veraschten Probenmaterial gefunden, jedoch haben verschiedene Wissenschaftler Zweifel an der richtigen Durchführung der Analysenmethode angemeldet. *Equisetum arvense* wächst als Pionerpflanze auf Abraumhalden ehemaliger Bergbaue und ist in der Lage, große Mengen an Arsen aufzunehmen, wodurch sie ein indirekter Anzeiger für Goldvererzungen sein kann (BROOKS 1982).

Es sind somit über „Pfadfinderelemente“, wie z. B. das Arsen, Bismut oder Tellur, welche in Vererzungen vergesellschaftet mit Gold auftreten können, Goldanomalien aufzufinden. Die genannten Begleitelemente des Goldes haben den Vorteil, daß sie in größerer Konzentration als Gold auftreten und gleichmäßiger als dieses im Boden verteilt sind.

Das Untersuchungsgebiet Unterlangau bei Oberviechtach in NE-Bayern wurde für die Erprobung der biogeochemischen Prospektion auf geogene Gold- und Arsenkontaminationen ausgewählt, weil dort deutliche Anomalien von Arsen und Gold im Boden bekannt sind. Besonders im Bereich der Bergbauhalden über der Vererzung war eine erhebliche Anreicherung von Gold und Arsen in den Pflanzen aufgrund der hohen Metallgehalte im Boden zu erwarten (LEHRBERGER et al. 1990).

Gold und Arsen wird durch Verwitterung der Cordierit-Sillimanit-Gneise und durch Oxidation von Sulfiden aus Vererzungszonen mit Arsenopyrit (FeAsS), Löllingit (FeAs<sub>2</sub>) und verschiedenen Gold-Wismutmineralien, wie z. B. Maldonit (Au<sub>2</sub>Bi) freigesetzt. Aus dem Boden wiederum nimmt die Vegetation diese Elemente auf und kann sie in verschiedenen Pflanzenteilen anreichern.

Pilze sind als „Schadstoff- und Schwermetallsammler“ bekannt. Unter den Lebensmitteln weisen sie mitunter die höchsten Arsengehalte bis zu 1,3 µg/g auf (WEIGERT 1991). MEISCH et al. (1977/1978) untersuchten Schwermetallgehalte in verschiedenen Champignonarten. Dabei fanden sie je nach Fruchtkörperteil der Pilze bis zu 120 µg/g Cadmium, 223 µg/g Zink und 400 µg/g Kupfer. Deshalb lag die Vermutung nahe, daß auch in den Pilzen über der Vererzung hohe Gehalte von Arsen und unter Umständen auch von Gold zu finden sein müßten. Vor allem deshalb, weil sie durch ihr ausgedehntes Wurzelgeflecht (Mycel) mit einer Fläche bis zu mehreren 10 m<sup>2</sup> in der Lage sind, Nährstoffe sowie Gold und Arsen aus dem im Boden vorhandenen Stoffangebot aufzunehmen. Das Mycel besteht aus einzelnen weißen Fäden, den „Hyphen“, die miteinander verflochten den Fruchtkörper der Pilze bilden (Abb. 1). Der Fruchtkörper stellt somit nur eine Fortsetzung des Fadengeflechts an der Erdoberfläche dar.

Die Aufnahme von Gold und Arsen aus dem Boden erfolgt über das Wurzelsystem von Bäumen bzw. über das Mycel der Pilze. Man könnte auch von einer „Pflanzenpumpe“ für Gold und Arsen aus dem Boden sprechen, die besonders im Frühjahr zu Beginn der Wachstumsperiode sehr aktiv ist. Über den Laub- und

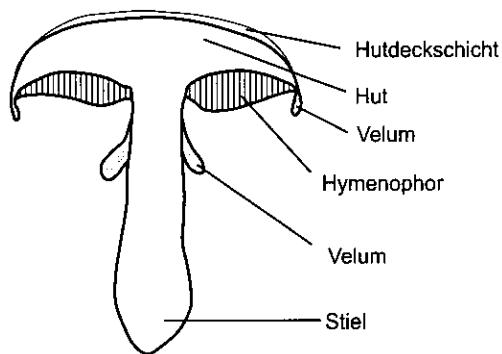


Abb. 1. Schematische Darstellung des Fruchtkörpers von Röhrenpilzen (nach ARNOLD et al. 1993: 98).

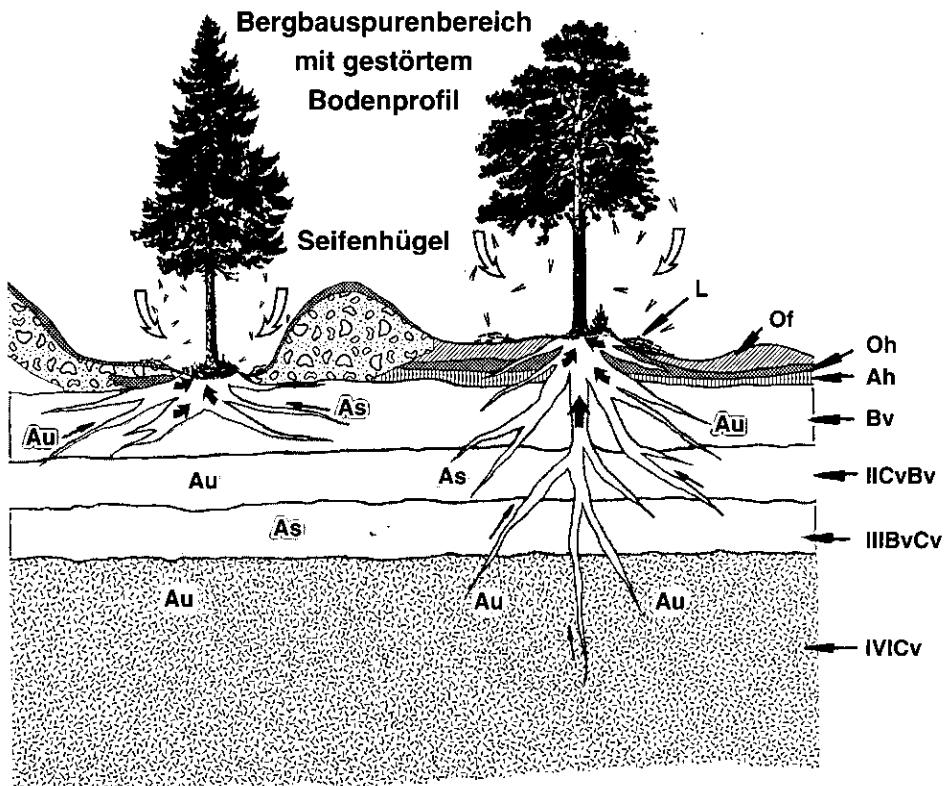


Abb. 2. Aufnahme von Gold und Arsen in Pflanzen im Bereich der Bergbauspuren; das Bodenprofil ist stark überhöht gezeichnet (Erläuterungen des Profils in Tab. 1).

Nadelfall gelangen die beiden Elemente auf die oberste Lage des Waldbodens und werden nun von Pflanzen, wie z. B. Moose und Pilze, die in den Auflagehorizonten wurzeln, aufgenommen (Abb. 2). Die Symbiose von Pilzen mit Bäumen ermöglicht einen gegenseitigen Stoffaustausch, der auch Bedeutung für die Auf-

nahme von Gold und Arsen beider Symbiosepartner haben kann. Es können Kreislaufprozesse entstehen, die zu einer Anreicherung von Gold und Arsen in bestimmten Pflanzenteilen beitragen. Dabei dürfte die Mykorrhiza – es handelt sich um eine symbiotische Verbindung und Verflechtung unterirdischer Pilzhypfen mit den feinsten Wurzelenden von Bäumen oder Sträuchern – eine wesentliche Rolle spielen. Der atmosphärische Eintrag von Gold und Arsen in das Waldökosystem spielt bei Gold keine, bei Arsen höchstens eine untergeordnete Rolle.

## 2. Probenahme

Die Probenahme der Pilze, Nadeln, Rindenstücke und Moose wurde saisonal verteilt, getrennt nach Wachstumsperioden durchgeführt.

Bei den Pilzen wurde die Röhrenpilzarten: Gallenröhrling (*Tylopilus felleus*), Birkenpilz (*Leccinum scabrum*), Maronenröhrling (*Xerocomus badius*), Steinpilz (*Boletus edulis*) und Ziegenlippe (*Xerocomus subtomentosus*) am häufigsten beprobt. Sie zeichnen sich dadurch aus, daß sie auf der Hutunterseite eine leicht ablösbare Schicht aus senkrechten Röhren tragen, die von der Fruchtschicht (Hymenium) ausgekleidet sind. Die Röhren zusammen mit dem Hymenium bilden das Hymenophor (Abb. 1).

Daneben wurden Proben des Kahlen Kremplings (*Paxillus involutus*) sowie des Fliegenpilzes (*Amanita muscaria*) untersucht, die zu den Lamellenpilzen gehören. Diese Pilze weisen an der Hutunterseite Lamellen auf. Die Lamellen werden ebenfalls von der Fruchtschicht, dem Hymenium bedeckt.

Das unregelmäßige und jahreszeitlich bedingt nur spärliche Auftreten von Pilzen und Pflanzen, die für die Beprobung ausgewählt wurden, verhinderte eine Probenahme in einem regelmäßigen Raster. Die Probenahme erfolgte sporadisch je nach Auftreten bestimmter Pflanzen und Pilze im Bereich der Bergbauspuren (Abb. 3). Die Pilzproben hatten ein Gewicht von wenigen 10er Gramm bis zu stattlichen Maronenröhrlingen von bis zu 370 g Gewicht.

Die Pilze wurden nach der Probenahme gesäubert und in Kappen mit Stielen einerseits und in den Röhrenteil mit Hymenium andererseits getrennt, um daran eventuelle Verteilungsmuster von Gold und Arsen aktivierungsanalytisch zu bestimmen. Ein sofortiges Einfrieren des Probenmaterials im Labor verhinderte die Verrottung der Pilze.

Des Weiteren wurden jeweils etwa 500–1000 g frische Nadeln, Zweige und die jungen Triebe von Fichten (*Picea abies*) und Kiefern (*Pinus silvestris*) von verschiedenen Bereichen aus dem Kronenraum eines Baumes abgeschnitten. Um an die frischen Triebe der Fichten und Kiefern zu gelangen, war nach kanadischem Vorbild (DUNN et al. 1989) ein „Tree-Top Sampling“ erforderlich, das nur durch Klettern mit Spezialausrüstung möglich war.

Begleitend zur Probenahme der Pflanzen erfolgte eine Profilaufnahme der Bodenhorizonte. Dazu wurde eine Profilgrube angelegt, die alle Horizonte zugänglich machte. Nach der optischen Begutachtung der in der Profilgrube aufgeschlossenen Bodenhorizonte, wurden diese schichtenweise beprobt (vgl. Tab. 1).

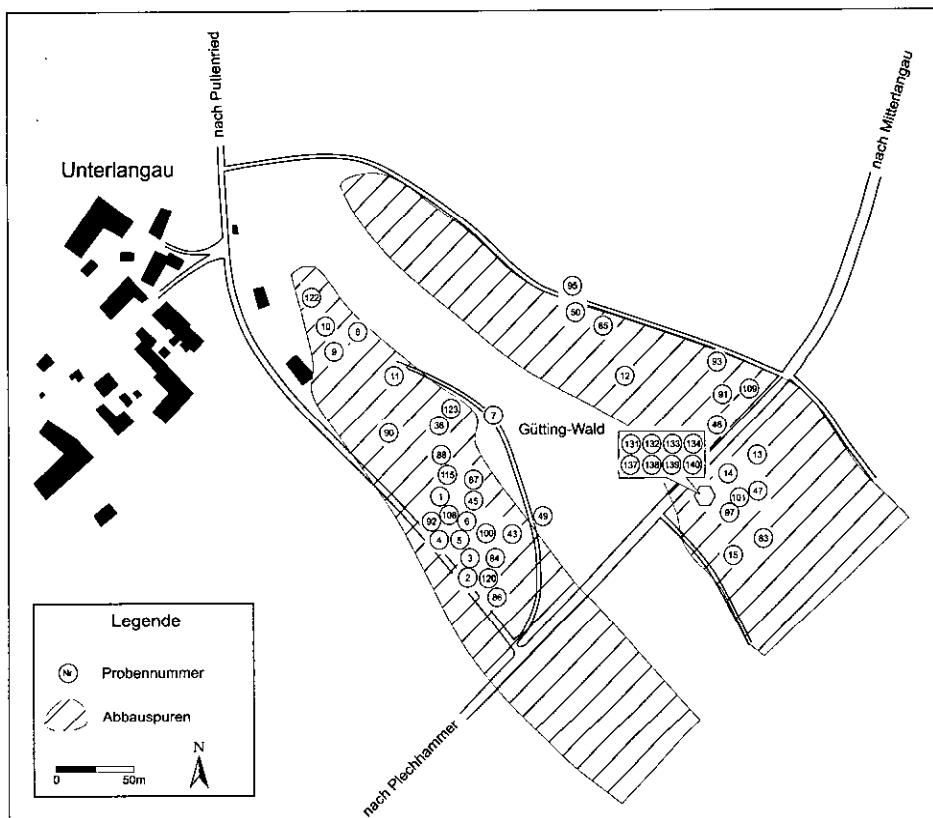


Abb. 3. Probenkarte mit Bergbauspuren der Gold-Arsen-Vererzung im Güttingwald.

Bei der Beurteilung des Stoffangebotes der Bodenhorizonte muß berücksichtigt werden, daß der Bodenaufbau im Untersuchungsgebiet nicht homogen ist, sondern durch die frühere Bergbautätigkeit erheblich beeinträchtigt wurde, was deutlich die Auflagenhorizonte und teilweise auch die Gliederung des Mineralbodens deutlich veränderte.

Zusätzlich ist der Gneiszersatz (IVICv) von zwei Fließerdenhorizonten (IICvBv und IIIBvCv) überlagert, die das Stoffangebot in den überlagernden, jüngeren Bodenhorizonten zusätzlich beeinflussen.

### 3. Analysenverfahren

#### 3.1. Bodenproben

Nach der Entnahme wurde das bodenfeuchte Bodenmaterial gewogen, die Wurzeln ausgelesen und anschließend an der Luft getrocknet. Für die weiteren Untersuchungen verwendete man den Feinbodenanteil. Deshalb mußten die Proben durch ein Sieb mit 2 mm Maschenweite klassiert werden. In den Bodenproben wurden Korngrößenfraktionen, pH-Werte, Austauschkapazitäten, oxalatlösliches Eisen, organische Substanz und der Karbonatanteil bestimmt.

**Tabelle 1:** Ungestörte Abfolge von Bodenhorizonten in einer Profilgrube außerhalb der Bergbauspuren mit den entsprechenden Schichtmächtigkeiten (Nomenklatur nach ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENKUNDE 1982)

Horizont	Beschreibung	Mächtigkeit in cm
organische Auflagen:		
L	„Streu“, fast unzersetzte Pflanzenteile, wie Blätter oder Nadeln	1,0
Of	verfilzte Streulage, teilweise Fermentation von Pflanzenteilen	1,6
Oh	schwarze Humuslage des Waldbodens	1,0
Mineralbodenhorizonte:		
Ah	humoser Oberboden, dunkelbraune Färbung	1,0
Bv	Decklage, fast frei von organischer Substanz, braune Färbung	32,0
IICvBv	lößhaltiger Fließerdenhorizont	22,0
IIIBvCv	Fließerdenhorizont mit Helliglimmer ohne Lößkomponente	25,0
IVICv	Gneisersatz mit Biotit	50,0

Die Bodenproben wurden im Totalaufschlußverfahren mit einem Gemisch aus konzentrierter HF-HNO<sub>3</sub>-HClO<sub>4</sub> in Lösung gebracht (RUPPERT 1987). Ca, Ti, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Sr, Na, Mg, Al, Cl, Fe und Sc wurden mit der ICP-OES (optische Emissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma), die Spurenelemente Li, Be, Co, Rb, Y, Mo, Cd, Sn, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Tl, Pb, Bi, Th und U wurden mit der ICP-MS (Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma) bestimmt.

Arsen in den Bodenhorizonten wurde mit der Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) bestimmt, Gold mit der Instrumentellen Neutronenaktivierungsanalyse.

### 3.2. Vegetationsproben

Das Verfahren der Instrumentellen Neutronenaktivierungsanalyse ist für Gold und Arsen sehr empfindlich und erfordert keinen Aufschluß des organischen Probenmaterials (MINSKI et al. 1977). Zur Analyse sind nur geringe Probenmengen erforderlich, die mit Hilfe der Gefriertrocknung vorbereitet werden können. Ein Maronenröhrling, der bei der Probenahme 370 g wog, hatte nach der Gefriertrocknung noch ein Gewicht von 25 g. Da die Trocknung im gefrorenen Zustand erfolgt, bleiben die meisten chemischen Verbindungen qualitativ und quantitativ unverändert. Enzymatische und bakterielle Veränderungen der Probe werden ebenfalls weitgehend ausgeschlossen. Diese schonende Methode verhindert vor allem ein Entweichen des flüchtigen Arsentsioxids, wie es in der Regel bei der Veraschung von biologischem Material auftritt (VALENTE et al. 1981). Nach der Gefriertrocknung wurden die Proben mit einer Messermühle pulverisiert und ca. 250 mg Substanz in eine 0,6 mm dicke Polyethylenfolie eingeschweißt. Da bei der aktivierungsanalytischen Untersuchung nur eine Gold- und Arsenbestimmung erfolgte, konnte eine eventuelle Kontamination der Vegetationsproben durch Spurenelemente im Messer vernachlässigt werden.

Bis zu 30 einzelne Beutelchen konnten in einer größeren Verpackungseinheit zusammengefaßt werden (Abb. 4), die dann im sogenannten „Angelschnurverfahren“ einer Neutronenbestrahlung aktiviert wurden.

Die Proben wurden mit der INAA auf Gold und Arsen analysiert, wobei die in die Pflanzen aufgenommenen Isotope von  $^{75}\text{As}$  und  $^{197}\text{Au}$  mit Neutronen zu radioaktiven Isotopen  $^{76}\text{As}$  und  $^{198}\text{Au}$  aktiviert wurden (SCHELENZ 1980). Die Aktivierung der Proben wurde am Forschungsreaktor Garching durch eine kernnahe Kurzzeitbestrahlung (40 min.) durchgeführt. Die gefriergetrocknete Pflanzensubstanz

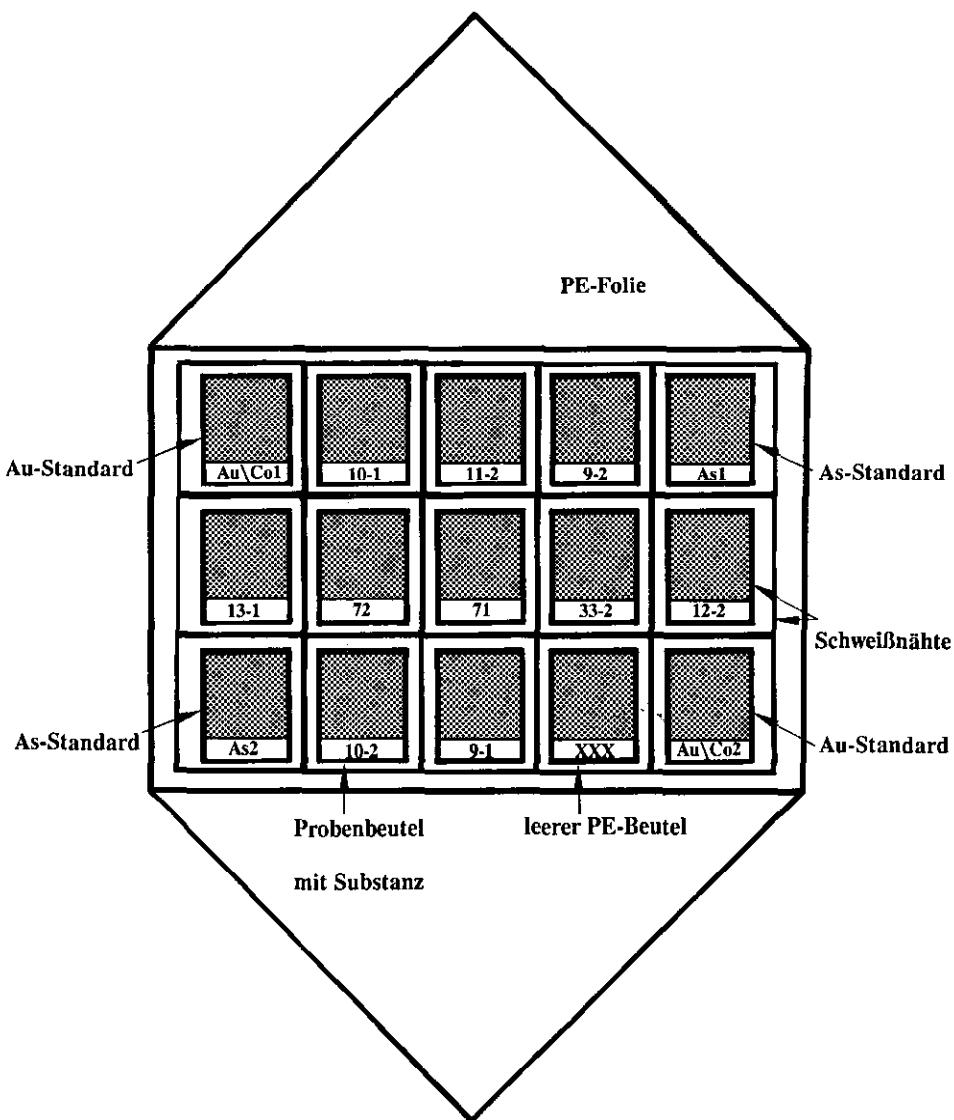


Abb. 4. Verpackungseinheit mit Vegetationsproben für die Bestrahlung mit dem Angelschnurverfahren (schematische Darstellung, Original ca. um 25 % verkleinert).

wurde dabei einem sehr hohen Neutronenfluß ( $2 \times 10^{13} \text{ ncm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) ausgesetzt, um auch noch Spurenelemente aktivierungsanalytisch nachweisen zu können.

Die Halbwertszeit für das Isotop  $^{198}\text{Au}$  liegt bei 2,695 d, die von  $^{76}\text{As}$  bei 26,4 h. Nach einer Abklingzeit von 2–3 Tagen konnte der erste Meßzyklus durchgeführt werden.

Für die Messung wurde ein koaxialer Ge(Li)-Halbleiterdetektor verwendet. Die Analysenauswertung erfolgte mit Hilfe chemischer Monoelementstandards für Gold und Arsen. Damit eine gleichbleibende Probengeometrie zum Detektor gewährleistet ist, wurde eine höhenverstellbare Probenhalterung eingesetzt.

Die Meßzeiten der Proben und Standards betrugen 1500 sec. Während der Messung wurde ein Spektrum von 0–2000 keV aufgenommen, das in einem Vielkanalanalysator auf 8000 Kanäle aufgespalten wurde. Das Spektrum zeigt bei einigen Proben besonders deutliche Gold- und Arsenpeaks (Abb. 5 und 6). Einer Gamma-Intensität von 411,8 keV entspricht das Isotop  $^{198}\text{Au}$ , das Isotop  $^{76}\text{As}$  erscheint sowohl bei 559,2, als auch bei 656 keV.

Biologische Materialien enthalten pflanzenphysiologisch bedingt sehr viel Na, K, P und Br. Das Isotop  $^{76}\text{As}$  wird zum Teil vom  $^{82}\text{Br}$ -Isotop interferiert, dessen Peak bei 554,2 keV auftritt. Ein gutes Auflösungsvermögen des Ge(Li)-Halbleiterdetektors ist deshalb von großer Bedeutung. Der Antimonpeak liegt im Spektrum neben dem Arsen, tritt aber in geringer Konzentration auf und stammt wahrscheinlich aus dem Oh-Horizont (vgl. Abb. 7).

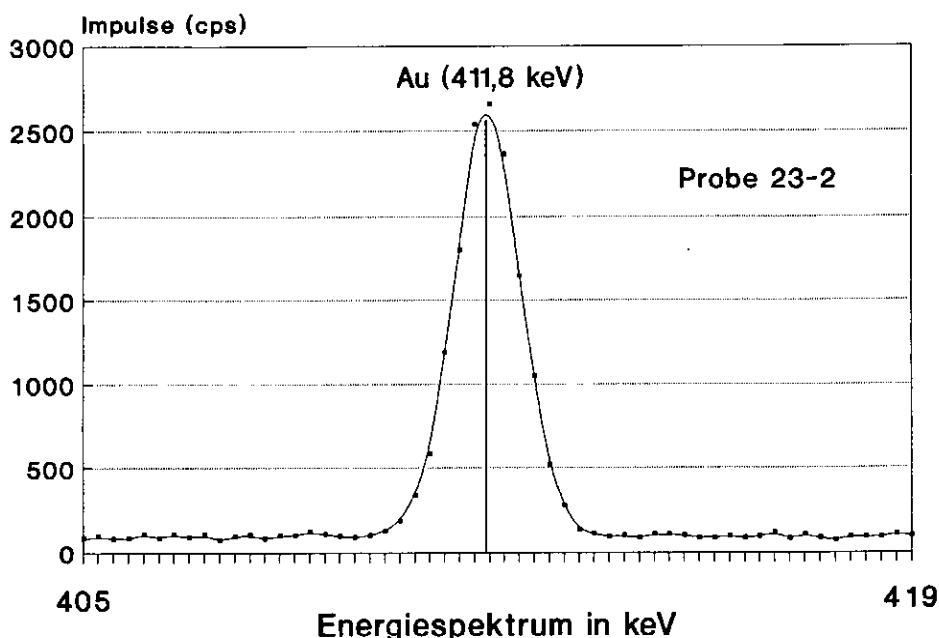


Abb. 5. Ausschnitt aus einem Spektrum eines Pilzes mit Goldpeak bei 411,8 keV (Ziegenlippe, Probe 23-2).

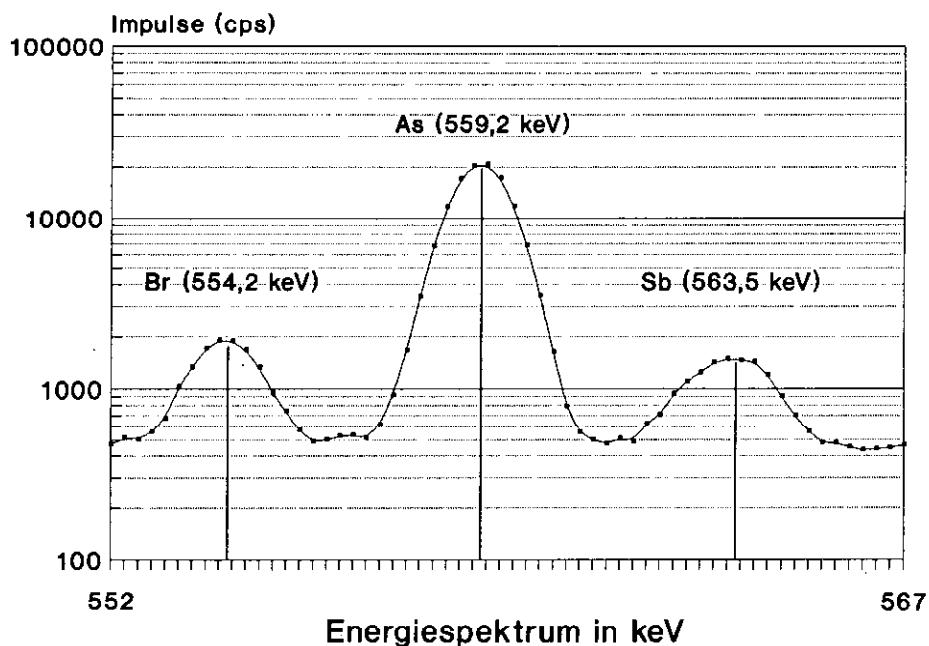


Abb. 6. Ausschnitt aus einem Spektrum einer Probe von Hornzahnmoos (Probe 101) mit Arsenpeak bei 559,2 keV, links und rechts davon treten Brom bzw. Antimon auf.

Für die Nachweisgrenzen von Gold und Arsen in getrockneten biologischen Proben werden von SCHELENZ (1980)  $10^{-14}$ – $10^{-13}$  g für Gold bzw.  $10^{-12}$ – $10^{-10}$  g für Arsen angegeben. Für die Meßwerte der Vegetationsproben bezüglich Gold und Arsen kann nach Abschätzung aller Parameter ein absoluter Fehler von ca. 10–15 % angenommen werden. Diese Fehlerabschätzung bezieht sich auf Goldkonzentrationen von 10 ng/g und Arsenkonzentrationen von 1 µg/g Trockensubstanz.

#### 4. Die Metallgehalte der Böden und Pflanzenproben

##### 4.1. Bodenproben

Die vertikale Verteilung von Elementen im Bodenprofil entspricht einer typischen Braunerde auf Gneiszersatz. Viele Schwermetalle wie Kupfer, Nickel, Vanadium, Zink, Molybdän, Kobalt, Cadmium und Antimon erreichen Spitzenwerte im Bv und stellen typische Anreicherungen immittierter Elemente dar. Chrom und Zinn finden sich am stärksten im humosen mineralischen Oberboden (Ah) angereichert. Die seltenen Erden sind ebenfalls im Bv in höherer Konzentration vorhanden, als in den übrigen Horizonten (Abb. 7). Auffällig verhält sich das Element Blei, welches in den Auflagehorizonten bis zu 163 µg/g angereichert und teilweise anthropogen eingetragen worden ist. Deutlich hebt sich auch der Calciumgehalt mit 0,5 % in der Streu (L-Horizont) von den übrigen Elementen ab. Calcium ist als essentieller Pflanzennährstoff bei Waldstandorten in den Auflagehorizonten angereichert und kann aus der Freisetzung von Calcium aus Pflanzenresten stammen (MARTIN et al. 1991).

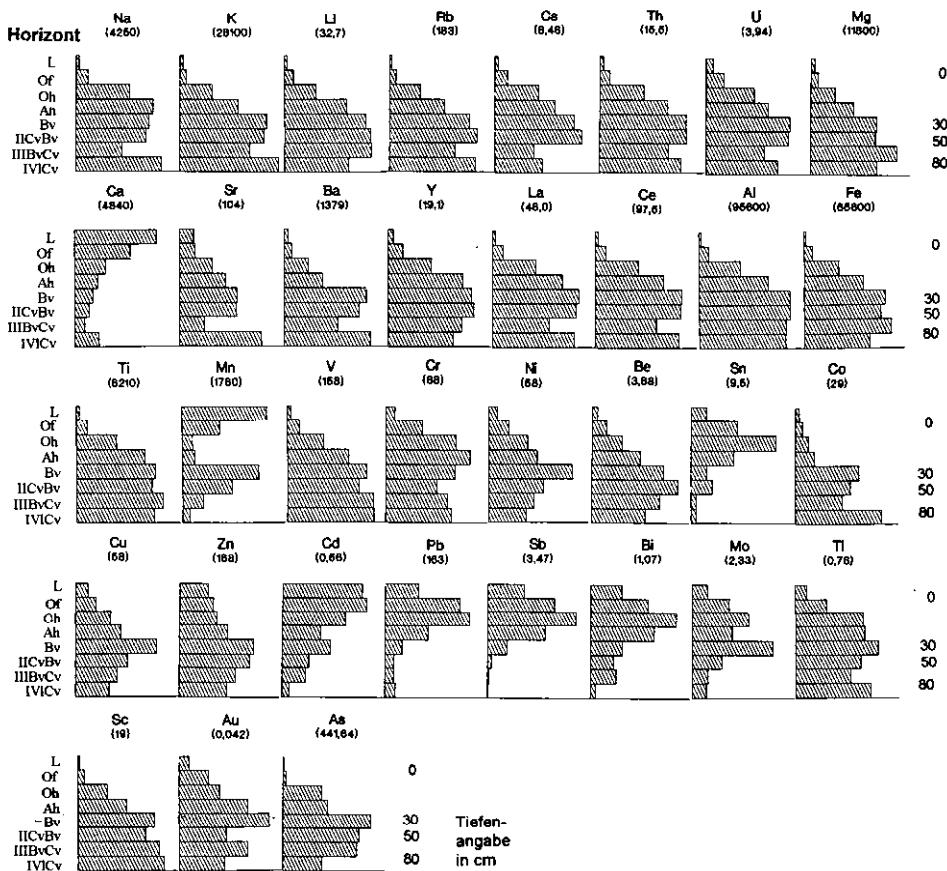


Abb. 7. Vertikale Verteilung der Elementgehalte (Maximalwerte in Klammern in  $\mu\text{g/g}$ ) in einer Braunerde auf Gneiszersatz (Gütting-Wald; Unterlangau).

Aus dem Vertikalplot wird vor allem deutlich, daß es bei Gegenwart von Decklagen (Bv) nicht möglich ist, die Metallgehalte im Boden aus dem im Untergrund anstehenden Gneiszersatz abzuleiten. Diese Decklagen bestehen aus Verwitterungsmaterial, das von hangaufwärts gelegenen Gesteinen stammt und vor allem während der letzten Eiszeit hangabwärts verlagert wurde. Sie sind ebenfalls Ausgangsgesteine für die Bodenbildung (RUPPERT 1991). Diese bodenmechanischen Vorgänge haben auch die Verteilung von Gold und Arsen in den Bodenhorizonten beeinflußt.

Die höchsten Gold- und Arsengehalte treten im Bv-Horizont – dem Illuvialhorizont – des Bodenprofils mit 42 ng/g Au bzw. 442  $\mu\text{g/g}$  As auf (Abb. 8). Etwas geringere Gold- und Arsengehalte wurden in den beiden Fließerdenhorizonten gefunden, in denen durch Windtransport Lößablagerungen auftreten, die die Metallgehalte in diesen Horizonten „verdünnen“. Im IIICvBv konnten 22 ng/g Gold und 383  $\mu\text{g/g}$  Arsen, im IIIBvCV 32 ng/g Gold und 374  $\mu\text{g}$  Arsen gemessen werden. Die niedrigsten Gold- und Arsengehalte im Mineralboden finden sich im Gneiszersatz (IVICv) mit 21 ng/g Gold bzw. 230  $\mu\text{g/g}$  Arsen.

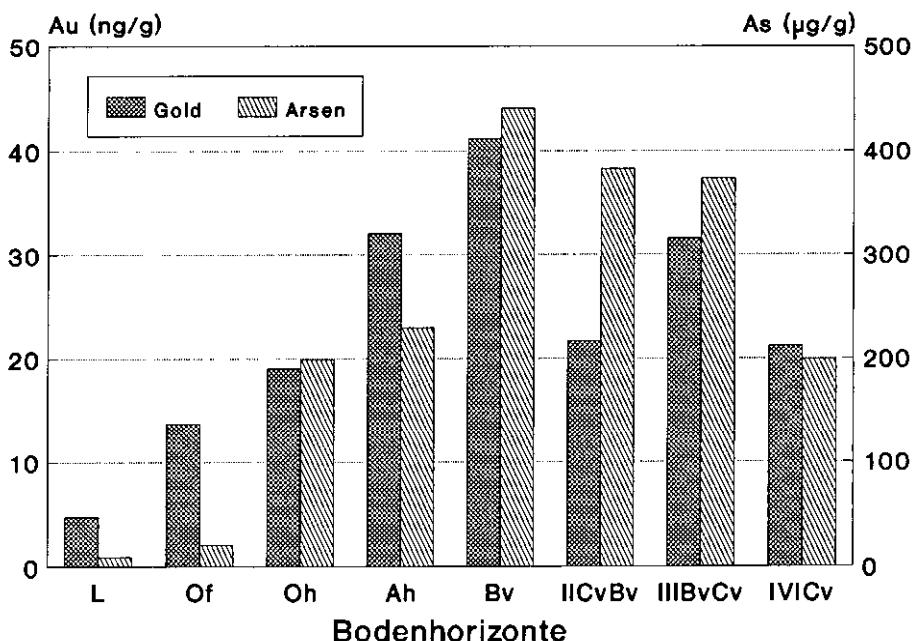


Abb. 8. Goldgehalte und Arsengehalte in einem Bodenprofil aus dem Bergbauspurenbereich (Metallgehalte bezogen auf Trockensubstanz; Beschreibung des Bodenprofils vgl. Tab. 1).

## 4.2. Vegetationsproben

### 4.2.1. Pilze

Für die Untersuchung von Gold- und Arsengehalten wurden folgende Pilzarten herangezogen: Gallenröhrling (*Tylopilus felleus*), Birkenpilz (*Leccinum scabrum*), Maronenröhrling (*Boletus badius*), Steinpilz (*Xerocomus edulis*) und Ziegenlippe (*Xerocomus subtomentosus*), Kahler Krempling (*Paxillus involutus*) sowie der Fliegenpilz (*Amanita muscaria*).

Die höchsten Goldgehalte waren in den Kappen und Stielen von Maronenröhrlingen (*Boletus badius*) mit bis zu 232 ng/g festzustellen. Extrem hohe Goldgehalte ergab auch die Auswertung der Spektren von Stielen und Kappen der Röhrenpilzarten Ziegenlippe (bis zu 222 ng/g) und Steinpilz (bis zu 124 ng/g) (Abb. 9).

Die Arsengehalte der Pilzproben zeigen geringere Schwankungen als die Goldgehalte, was sicherlich auf eine gleichmäßige Verteilung im Boden zurückzuführen ist. Insgesamt haben die Lamellenpilze wie der Kahle Krempling und der Fliegenpilz (mit bis zu 7,7 µg/g Arsen) deutlich höhere Arsengehalte als die Röhrenpilze (Tab. 2).

Bemerkenswertestes Ergebnis ist die unterschiedliche Einlagerung von Gold und Arsen in verschiedenen Teilen des Fruchtkörpers von Röhrenpilzarten, wie Gallenröhrling, Maronenröhrling, Birkenpilz, Steinpilz und Ziegenlippe (Abb. 9 und 10). Gold wird dabei in Stielen und Kappen der Pilze stärker angereichert als

Tabelle 2: Gold- und Arsengehalte in verschiedenen Pflanzenteilen von Pilzen

Proben-Nr.	Pilzart	Gold (ng/g)		Arsen (µg/g)	
		Stiele + Kappen/Hymenium		Stiele + Kappen/Hymenium	
<b>Röhrenpilze:</b>					
1	Maronenröhrling	44	17	0,2	1,0
10	Maronenröhrling	20	8	0,2	0,9
11	Maronenröhrling	17	6	0,3	0,6
12	Maronenröhrling	16	8	0,7	0,9
13	Maronenröhrling	17	11	0,4	0,8
14	Maronenröhrling	13	16	0,5	1,2
16	Maronenröhrling	14	16	0,4	0,8
26	Maronenröhrling	232	42	0,4	1,7
28	Maronenröhrling	11	4	0,3	1,1
33	Maronenröhrling	30	50	0,2	0,4
4	Steinpilz	30	23	0,9	1,4
9	Steinpilz	124	87	0,6	1,0
5	Birkenpilz	12	7	0,3	1,4
17	Birkenpilz	27	13	0,3	1,1
<b>Lamellenpilze:</b>					
23	Ziegenlippe	222	67	0,4	0,4
6	Kahler Kremling		14		2,8
48	Fliegenpilz		8		7,7

im Röhrenteil mit der Fruchtschicht (Hymenium). Arsen verhält sich gegenläufig und ist im Röhren- bzw. Lamellenteil mit dem Hymenium stärker konzentriert als in den Stielen und Kappen.

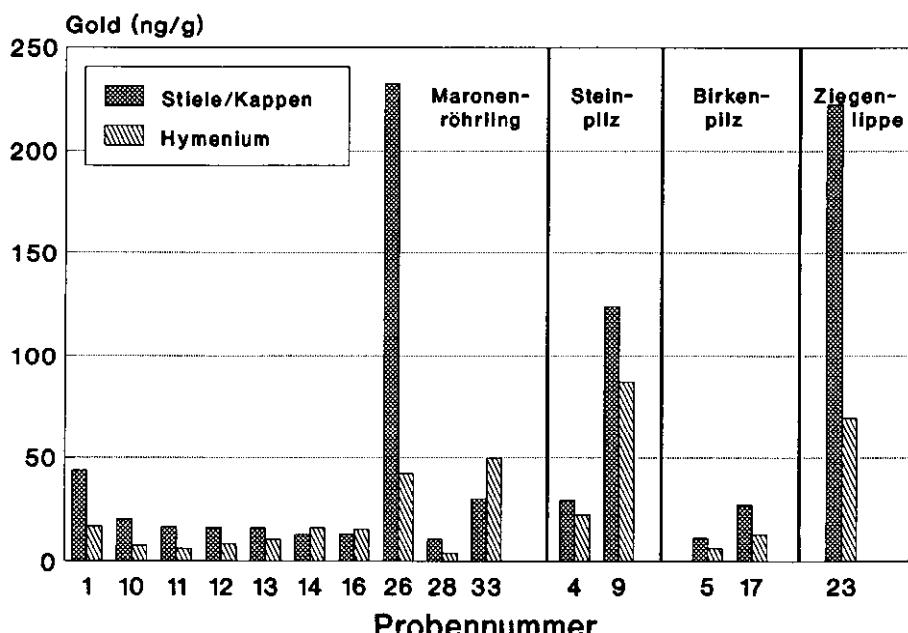


Abb. 9. Verteilung von Gold in verschiedenen Pflanzenteilen der Röhrenpilze (Metallgehalte in ng/g Trockensubstanz).

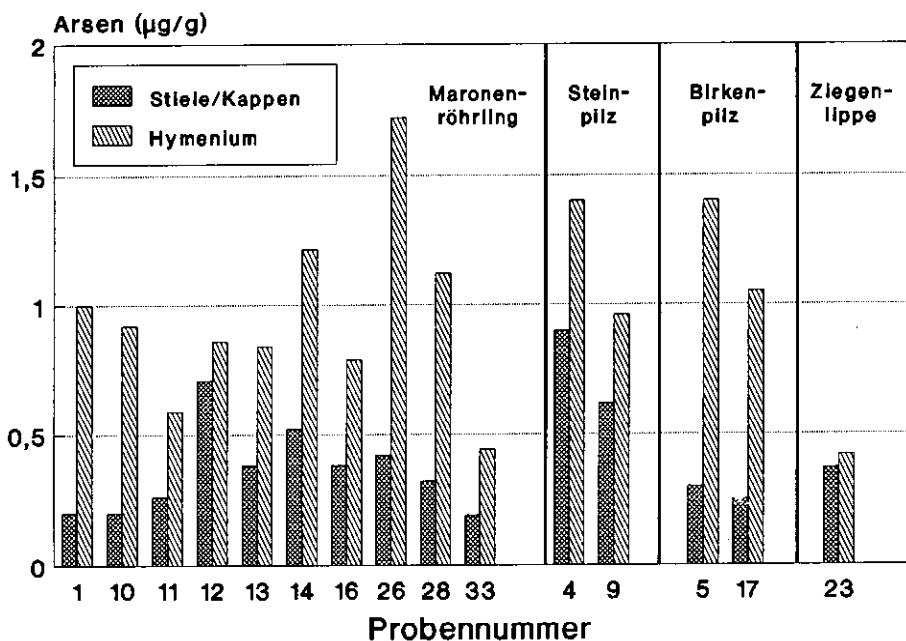


Abb. 10. Verteilung von Arsen in verschiedenen Pflanzenteilen der Röhrenpilze Metallgehalte in µg/g Trockensubstanz).

#### 4.2.2. Nadelbaumspitzen und Moose

Auf dem trockenen Boden der Haldenzone über der Vererzung wachsen vor allem Kiefern und einige Fichten. Im Frühjahr wurden die jungen Triebe der Kiefern und Fichten beprobt, da zu dieser Zeit die „Pflanzenpumpe“ besonders aktiv ist und zu erwarten war, daß neben Nährstoffen auch Gold und Arsen bis in die äußersten Nadelspitzen transportiert werden (Abb. 11).

In Übereinstimmung mit dieser Vermutung wurde ein außergewöhnlich hoher Goldgehalt in einer Probe von Fichtenspitzen mit 177 ng/g ermittelt. Dagegen liegen die Goldanreicherungen in Fichten und Kiefernadeln sowie in Zweigen im Allgemeinen deutlich niedriger als in den Pilzproben (Abb. 12 und 13). Ausgeprägte Unterschiede in den Gold- und Arsengehalten zwischen Kiefern- und Fichtennadeln konnten nicht festgestellt werden.

Wie bei den Pilzen, ist auch bei diesen Proben eine Fraktionierung von Gold und Arsen zwischen unterschiedlichen Pflanzenteilen aufgefallen. Sowohl die Gold- als auch die Arsengehalte sind in den Zweigen gegenüber den Nadeln erhöht. Möglicherweise gibt es jahreszeitliche Variationen bezüglich der Verteilung von Gold und Arsen in Nadeln und Zweigen, die aber nicht Gegenstand dieser Untersuchung waren (vgl. ASHTON & RIESE 1989).

Deutliche Arsenanreicherungen wurden in Moosproben festgestellt, in der Regel über 10 µg/g (Abb. 14). Ein extremer Wert liegt bei 95 µg/g Arsen. Auch das Element Gold war mit über 10 ng/g in Moosproben deutlich angereichert.

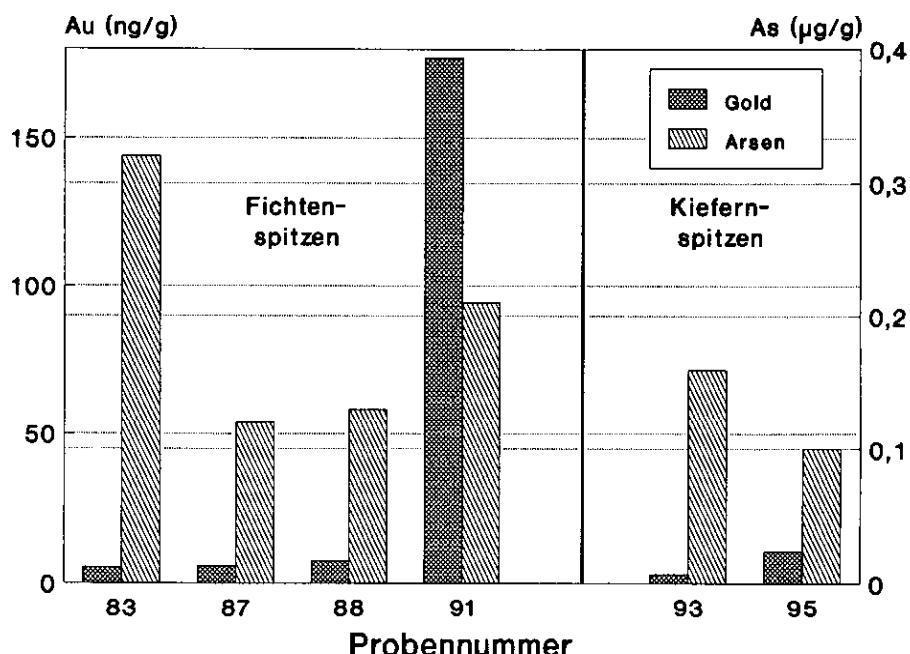


Abb. 11. Gold- und Arsengehalte in Fichten- und Kiefernspitzen (Metallgehalte bezogen auf Trockensubstanz).

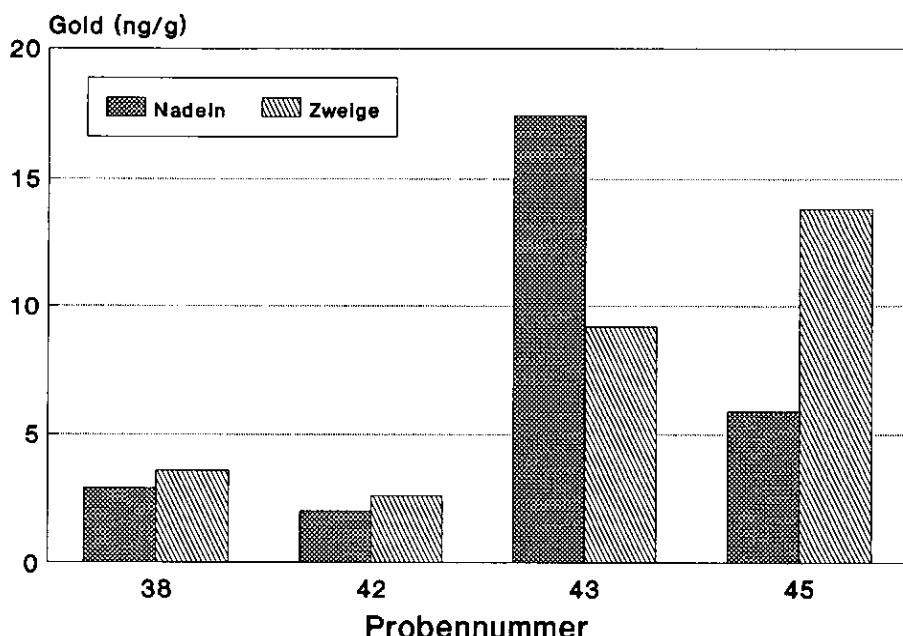
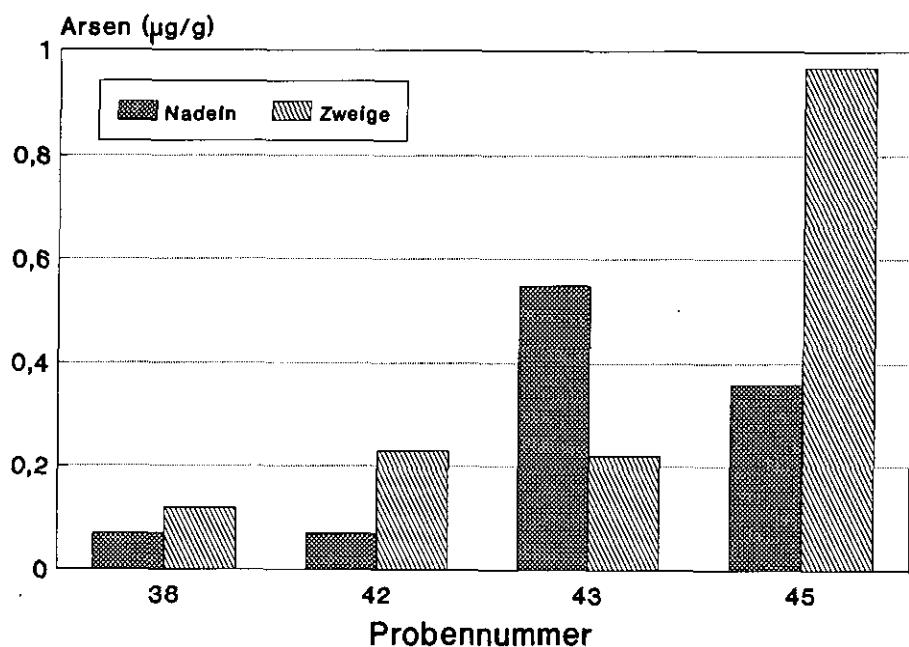
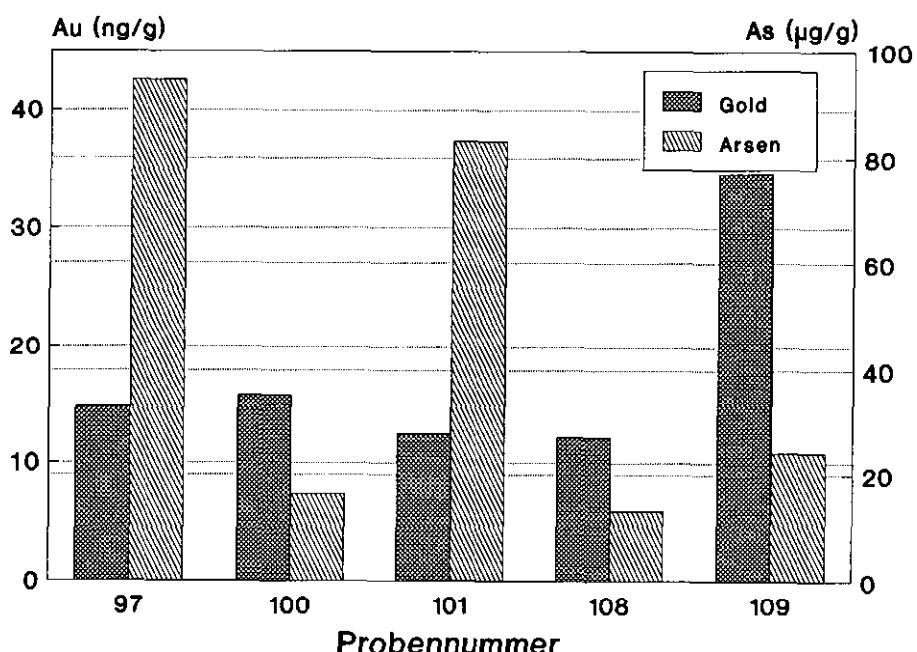


Abb. 12. Goldgehalte in Nadeln und Zweigen (Metallgehalte in ng/g /Trockensubstanz).

Abb. 13. Arsengehalte in Nadeln und Zweigen (Metallgehalte in  $\mu\text{g/g}$  Trockensubstanz).Abb. 14. Gold- und Arsengehalte in Moosen (Goldgehalte in ng/g, Arsengehalte in  $\mu\text{g/g}$  Trockensubstanz).

Zur Abschätzung von Anreicherungen wurden Pilzproben aus nicht vererzten Bereichen im vorderen Bayerischen Wald bei Deggendorf beprobt. Dabei konnten Goldkonzentrationen zwischen 1 und 3 ng/g ermittelt werden. Bei den im Bereich der Bergbauspuren beprobten Pilzarten kann ab 5 ng/g Gold, bei einem Metallgehalt von mehr als 0,3 µg/g Arsen von einer Anreicherung gesprochen werden. Die Untergrundgehalte von Arsen wurden bei Proben außerhalb des Vererzungsbereiches mit 0,1 µg/g bestimmt.

Die relativen Anreicherungsfaktoren für Gold und Arsen, bezogen auf diese genannten Untergrundwerte in Pilzen, können dabei Werte bis 46 für Gold bzw. 25 für Arsen erreichen.

In Fichten und Kiefernneedeln konnte für Gold eine bis zu 59fache, und für Arsen eine bis zu 14fache Anreicherung festgestellt werden (Untergrundwerte von 3 ng/g bei Gold und 1 µg/g bei Arsen). Bei Moosen treten Anreicherungsfaktoren von 34 für Gold bzw. 47 für Arsen in bezug auf die Untergrundwerte von 1 ng/g für Gold und 2 µg/g für Arsen bei Proben außerhalb des Vererzungsbereiches auf (Abb. 15).

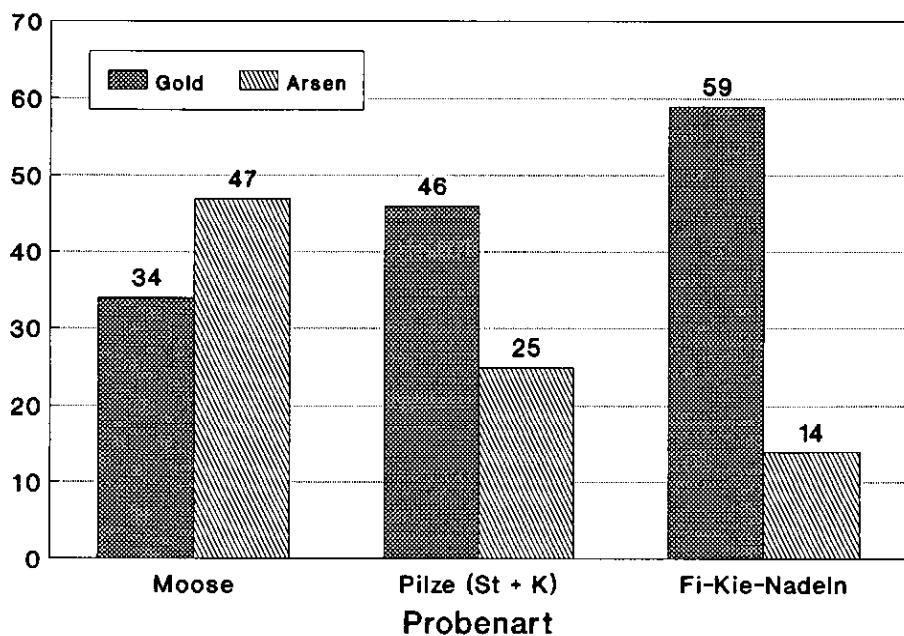


Abb. 15. Anreicherungsfaktoren (n-fach) für Gold und Arsen in verschiedenen Pflanzen, bezogen auf gemessene Untergrundgehalte.

Die ermittelten Anreicherungsfaktoren für Gold und Arsen sind aber nicht allgemeingültig. In gleichen Pilzarten aus Slowenien hat man bis zu 20 ng/g Gold gefunden, obwohl sie nicht auf Untergrund mit Goldvererzung gewachsen sind (BYRNE et al. 1979).

## 5. Lokalisierung der Gold- und Arsengehalte im Boden und in den Pflanzen

Die stratiforme Gold-Arsen-Bismutvererzung befindet sich im Untergrund des Untersuchungsareals in Cordierit-Sillimanit-Gneisen, die während der subtropischen bis tropischen Klimaverhältnisse des Tertiärs einer tiefgründigen chemischen Verwitterung unterlagen (LEHRBERGER et al. 1990). Die Arsenopyritvererzung ist an der Oberfläche nicht mehr erkennbar; Arsenverbindungen wurden bereits oxidiert. Ebenso sind die feinkörnigen myrmekitischen Verwachsungen von Gold mit Bismut und Maldonit weitgehend zersetzt, so daß Gold als Freigold nun mit schaumig-poröser Struktur in der Verwitterungszone zu finden ist.

Gold und Arsen müssen im Boden in Form freier Ionen in wäßriger Lösung oder als anorganische oder organische Komplexe den Pflanzen zur Verfügung stehen, um aufgenommen werden zu können. Für den Transport von Gold und Arsen können Humin- und Fulvosäuren wichtige Trägerstoffe sein (MALYUGA 1964).

Man geht heute davon aus, daß für die Aufnahme von Gold in Pflanzen hauptsächlich freie Cyanide, wie sie von weit über 1000 verschiedenen Pflanzen produziert werden (z. B. *Phacelia sericea*), verantwortlich sind. Freie Cyanide ( $\text{CN}^-$ ) entstehen durch die Hydrolyse von Cyanoglycosiden im Pflanzengewebe (SHACKLETTE et al. 1970).

Besondere Bedeutung für die Aufnahme von Gold in Pilzen und Bäumen dürfte der Mykorrhiza zukommen. Die Mykorrhiza kann ebenfalls Cyanoverbindungen produzieren, welche Gold komplexieren und auf diese Weise die Aufnahme von Gold in den Pilz oder den Baum ermöglichen. Eine solche Verbindung wäre das sehr stabile, planare Goldkomplexion  $\text{Au}(\text{CN})_4^-$ , das die Aufnahme von Gold erklären würde (LAKIN et al. 1974).

Der Transport von Gold oder Arsen im Pilz oder Baum ist im wesentlichen vom Stoffstrom im Gefäßteil der Pflanzen abhängig, der über die Verdunstungsrate durch Blätter und Nadeln bestimmt wird. Während der aktiven Wachstumsperiode findet der größte Stofftransport statt. GIRLING & PETERSON (1980) untersuchten den Transport von Gold in Pflanzen über radioaktiv markierte Goldlösungen und stellten eine Anreicherung in Blattspitzen fest (vgl. Abb. 11: Gold und Arsen in Fichten- und Kiefernspitzen).

Der Einbau von Gold in Pilzen ist bisher nicht näher erforscht, aber es ist denkbar, daß verschiedene organische Verbindungen der Pilze die Eigenschaft besitzen, mit Metallen metallorganische Komplexverbindungen einzugehen. Eine solche Verbindung ist unter anderem das Chitin. Die Hyphen, aus dem sich das Fadengeflecht und der Fruchtkörper der Pilze aufbaut, enthalten in ihren Zellwänden den Stoff Chitin, der sonst im Pflanzenreich nicht auftaucht. Chitin ist ein, der Zellulose ähnliches, geradkettiges Polysaccharid, das durch die Verknüpfung von N-Acetylglucosamineinheiten entsteht (KARLSON 1980). Es liegt die Vermutung nahe, daß besonders Pilze, die Gold als Goldcyanid aufnehmen können, dieses in Form eines metallorganischen Komplexes in das Chitin einbauen. Die Ursache für die unterschiedliche Anreicherung von Gold in Stielen und Kappen und Arsen im Hymenium, konnte in dieser Untersuchung nicht definitiv geklärt werden.

Die Aufnahme von Arsen in Pflanzen ist wahrscheinlich auch auf das Überangebot von Arsen im Boden zurückzuführen. Es können antagonistische Wirkungen auftreten, so daß Arsen bevorzugt gegenüber dem Phosphor als essentieller Nährstoffbestandteil in die Pflanze aufgenommen wird. Je nach Redoxpotential im Boden kann Arsen in mehreren niedrigen Wertigkeitsstufen vorliegen und als Arsenat anstelle des Phosphats in die Pflanze eingebaut werden (ROSE 1979).

## 6. Möglichkeiten der biogeochemischen Prospektion „geogener Altlasten“

Die bisher in Mittelgebirgslagen wenig praktizierte Prospektionsmethode der Biogeochemie stellt eine interessante Alternative zur klassischen geochemischen Prospektion dar. Die Methodik der biogeochemischen Prospektion eignet sich nicht nur zur Erkennung geogener Altlasten, sondern auch in zunehmendem Maße zur Schadstoffindikation in Ökosystemen.

Die Methodik bietet wesentliche Vorteile gegenüber herkömmlicher Prospektionstechnik:

- Pflanzen stellen ein leicht zugängliches Probenmaterial dar, welches in ausreichender Menge zur Verfügung steht
- Pflanzen haben die Möglichkeit, Elemente aus beträchtlicher Tiefe über das Wurzelsystem aufzunehmen und in verschiedenen Pflanzenteilen anzureichern
- biologisches Probenmaterial kann ohne chemische Aufschlußverfahren mit Hilfe der Gefriertrocknung rasch aufbereitet werden
- bei der Analytik wirken Matrixeffekte der organischen Substanz weit weniger störend, als bei anorganischem Probenmaterial

Als besonders geeignetes Analysenverfahren hat sich die Instrumentelle Neutronenaktivierungsanalyse für biologisches Probenmaterial erwiesen, da sie auch noch im Spurenelementbereich beim Nachweis geringster Goldmengen reproduzierbare Ergebnisse liefert.

Die Untersuchung der Anwendbarkeit dieser Prospektionsmethode auf eine Au-As-Bi-Vererzung, also einer „geogenen Altlast“ in Cordierit-Sillimanit-Gneisen des Oberpfälzer Waldes erbrachte biologisch interessante Erkenntnisse, zeigte aber auch die Abhängigkeit der biogeochemischen Prospektion von unterschiedlichen Elementverteilungen im Substrat auf.

So sind die Elementanreicherungen im Bv-Horizont (vgl. Abb. 7 und 8) entweder auf den primären Stoffbestand (Deckschichten) oder auf die Beeinflussung der Bodenhorizonte über die frühere Bergbautätigkeit zurückzuführen. Bei bodengeochemischen Prozessen, wie die Oxidation von Sulfiden und Arseniden liegen in der Regel niedrige pH-Werte im Boden vor. Eine vertikale Verlagerung ist nicht anzunehmen, zudem Arsen gerade bei niedrigen pH-Werten relativ immobil ist. Auch die beiden Fließerdenhorizonte zeigen einen primären Stoffbestand, der nicht durch vertikale Verlagerung erklärt werden kann (vgl. Abb. 7).

In nahezu allen auf dem Bergbauspurenbereich beprobten Pflanzen zeigten sich Anreicherungen von Gold und Arsen. Auffälligstes Ergebnis dieser Untersuchung ist, daß die Gold- und Arsengehalte sich gegenläufig in den Kappen und Stielen sowie im Röhrenteil mit dem Hymenium aller untersuchten Röhrenpilzarten verhalten. Dies ist unter Umständen auf pflanzenphysiologische Prozesse zurückzuführen, die im Rahmen dieser Untersuchung nicht definitiv geklärt werden konnten. Für die extrem hohen Goldgehalte in Kappen und Stielen von Maronenröhrlingen (232 ng/g), Ziegenlippe (222 ng/g) und Steinpilz (124 ng/g) sind wahrscheinlich lokal begrenzte Anomalien im Boden verantwortlich. Die in den jungen Trieben sowie Nadeln und Zweigen von Kiefern und Fichten festgestellten Gold- und Arsengehalte stammen entweder direkt aus den mineralischen Bodenhorizonten oder gelangen über die Mykorrhiza aus dem Stoffangebot der Deckschichten in diese Pflanzenteile. Besonders geeignet für die biogeochemische Prospektion auf Arsenanomalien scheinen Moose zu sein, die von allen untersuchten Pflanzen die höchsten Arsengehalte aufwiesen.

Die biogeochemische Prospektion auf Gold und Arsen im Bergbauspurenbereich und auch außerhalb davon wird dadurch eingeschränkt, daß die eigentlich erwartete einfache Beziehung zwischen den Metallgehalten der Pflanzen und der unterlagernden Vererzung durch das Auftreten von Deckschichten und Fließerden (vgl. Tab. 1) und durch die frühere Bergbautätigkeit mit ihren Schürfen und Halden gestört ist. Dies erklärt auch die deutlich unterschiedlichen Gold- und Arsengehalte in den auf dem Haldenbereich beprobten Pflanzen.

**Danksagung:** Die Aufbereitung und chemische Analyse der Bodenproben wurde freundlicherweise von Herrn Prof. Dr. HANS RUPPERT (früher am Bayer. Geol. L.-Amt) durchgeführt. Ihm danken wir auch für die kritischen Diskussionen der Analysenergebnisse und Interpretationen.

Für die Anleitung zur INAA sei an dieser Stelle Herrn Dr. STÄRK und Frau MERZIGER vom Institut für Radiochemie der TU München herzlichst gedankt. Dem Forschungsreaktor der TU München in Garching danken wir für die Bereitstellung der Neutronen.

## 7. Literatur

- AGRICOLA, G. (1557): Vom Bergwerck. Das ander Buch. – Jeronymus Froben u. Niclausen Bischof, Basel, Copyright 1985, Essen (Glückauf).
- ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENKUNDE (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung. – 3. Aufl.: 331 S., Hannover.
- ARNOLD, G. R. W., DÖRFELT, H., GRÖGER, D., HIRTE, W., JELKE, E., KIELSTEIN, P., KREISEL, H., KÜNKEL, W., ROOS, W., SCHMIEDEKNECHT, M., STRAUBE, G. & WEBER, H. (1993, H. WEBER [Hrsg.]): Allgemeine Mykologie. – 541 S., Jena/Stuttgart (Fischer).
- ASHTON, L.W. & RIESE, W.C. (1989): Seasonal variation of gold and arsenic in biogeochemical samples from a disseminated gold deposit in the Northern Cordillera. – J. Geochem. Explor., **31**: 171–184, Amsterdam.
- BECK, R. (1903): Lehre von den Erzlagerstätten. – 694–695, Berlin (Borntraeger).
- BROOKS, R. R. (1982): Biological methods of prospecting for gold. – J. Geochem. Explor., **17**: 109–122, Amsterdam.
- BYRNE, A. R., DERMEIJ, M. & VAKSELJ, T. (1979): Silver accumulation by fungi. – Chemosphere, **10**: 815–821, Oxford (Pergamon).

- DUNN, C. E. & SCAGEL, R. K. (1989): Tree top sampling from a helicopter – a new approach to gold exploration. – *J. Geochem. Explor.*, **34**: 255–270, Amsterdam.
- FREISE, F. W. (1935): Pflanzen als Anzeichen für Erzlagerstätten. Beobachtungen aus Brasilien. – *Z. prakt. Geol.*, **43**: 109, Halle/Saale.
- GIRLING, A. C. & PETERSON, R. J. (1980): Gold in Plants. – *Gold Bull.*, **13**, 4: 151–157, London.
- KARLSON, P. (1980): Kurzes Lehrbuch der Biochemie. – 11. Aufl.: 215 S., Stuttgart.
- LAKIN, H. W., CURTIN, G. C. & HUBERT, A. E. (1974): Geochemistry of gold in the weathering cycle. – *U.S. Geol. Surv. Bull.* **1330**: 80 S., Denver.
- LEHRBERGER, G., PREINFALK, CH., MORTEANI, G. & LAHUSEN L. (1990): Stratiforme Au-As-Bi-Vererzung in Cordierit-Sillimanit-Gneisen des Moldanubikums bei Oberviechtach-Unterlangau, Oberpfälzer Wald (NE-Bayern). – *Geologica Bavarica*, **95**: 133–176, München.
- LUNGWITZ, E. E. (1900): The lixiviation of gold deposits by vegetation. – *Eng. Min. J.*, **69**: 500–502, London.
- MALYUGA, D. P. (1964): Biogeochemical methods of prospecting. – 205 S., New York, Boulder (Consultants Bureau).
- MARTIN, W., RUPPERT, H. & FRIED, G. (1991): Veränderung von Elementgehalten, pH- Wert und potentieller Kationenaustauschkapazität in ausgewählten Böden Bayerns. – *Bayer. Geol. L.-Amt, Fachber.*, **6**: 27–33, München.
- MEISCH, H.-U., SCHMITT, J. A. & REINLE, W. (1977): Schwermetalle in höheren Pilzen. Cadmium, Zink und Kupfer. – *Z. Naturforsch.*, **32c**: 172–181, Tübingen.
- MEISCH, H.-U., SCHMITT, J. A. & REINLE, W. (1977): Schwermetalle in höheren Pilzen, II. Mangan und Eisen. – *Z. Naturforsch.*, **32c**: 712–723, Tübingen.
- MEISCH, H.-U., SCHMITT, J. A. & REINLE, W. (1978): Schwermetalle in höheren Pilzen, III. Vanadium und Molybdän. – *Z. Naturforsch.*, **33c**: 1–6, Tübingen.
- MEISCH, H.-U., SCHMITT, J. A. & REINLE, W. (1978): Schwermetalle in höheren Pilzen, IV. Silber. – *Z. Naturforsch.*, **33c**: 608–615, Tübingen.
- MINSKI, M. J., GIRLING, C. A. & PETERSON, P. J. (1977): Determination of gold and arsenic in plant material by neutron activation analysis. – *Radiochem. Radioanal. Letters*, **30**, 3: 179–186, Lausanne.
- NEMEC, B., BABICKA, J. & OBORSKY, A. (1936): Über das Vorkommen von Gold in den Schachtelhalmen (*Equisetum palustre* und *arvense*). – *Czech Acad. Sci. Bull. Int.*, **37**: 1–7, Prag.
- ROSE, A. W., HAWKES, H. E. & WEBB, J. S. (1979): Geochemistry in Mineral Exploration. – 657 S., London, (Acad. Press).
- RUPPERT, H. (1987): Bestimmung von Schwermetallen im Boden sowie die ihr Verhalten beeinflussenden Bodeneigenschaften. – *Bayer. Geol. L.-Amt, Beil. z. Fachber.*, **2**: 2–11, München.
- RUPPERT, H. (1991): Natürliche Spurenmetallgehalte im Boden und ihre anthropogene Überprägung. – *Mitt. Österr. Geol. Ges.*, **83**: 243–265, Wien.
- SCHELENZ, R. (1980): Aktivierungsanalytische Bestimmung essentieller und toxischer Spurenelemente in biologischem Material. – *Diss. Univ. Karlsruhe*: 21–27 u. 46–78, Karlsruhe.
- SHACKLETTE, H. T., LAKIN, H. W., HUBERT, A. E. & CURTIN, G. C. (1970): Absorption of gold by plants. – *U. S. Geol. Surv. Bull.*, **1314-B**: 23 S., Denver.
- SKERTCHLY, S. B. J. (1897): The copper plant (*Polycarpaea Spirostylis*, F.V. Mueller), – *Queensland Geol. Surv., Publ.*, **119**: 51–53, Brisbane.
- SPIX, J. B. v. & MARTIUS, C. F. (1824): Travels in Brazil in the years 1817–1820. Undertaken by command of His Majesty the King of Bavaria. – o.S., London (Longmans).

VALENTE, I. M., MINSKI, M. J. & PETERSON, P. J. (1981): Neutron activation analysis of noble metals in vegetation. – *J. Radioanal. Chem.*, **71**, 1–2: 115–127, Amsterdam.

WEIGERT, P. (1991): Metal loads of food of vegetable origin including mushrooms. – In MERIAN, E. [Hrsg.]: *Metals and their Compounds in the Environment*: 449–468, Weinheim (VCH).

Manuskript eingegangen bei der Redaktion am 24. 6. 1997.

# Geomorphologische Untersuchungen der pleistozänen Goldseifen und ihrer anthropogenen Grübenfelder im Inneren Bayerischen Wald

Von ULRICH HAUNER

Mit 5 Abbildungen

## Kurzfassung

Bei den in der regionalen Forschungsgeschichte als „Grübenfelder“ bekannten Vorkommen handelt es sich aus heutiger glazialmorphologischer Sicht eindeutig um anthropogene Geländeformen der Goldgewinnung. Die derzeit bekannten 37 Goldvorkommen des Inneren Bayerischen Waldes (Abb. 1) lassen sich zu vier Arealen gruppieren: Rachel-Vorland (Gr. Ohe, Kl. Regen), Arber-Falkenstein- Vorland (Gr. Regen, Gr. Deffernik, Kolbersbach), Bodenmais-Böbrach und Haide-Haidmühle (Kalte Moldau). Wir finden sie gebirgsfußnah in großen Talweitung (Sander und Sohlentäler mit pleistozänen Flussterrassen) auf tertiärer Rumpffläche.

Stratigraphische Untersuchungen und Grobsedimentanalysen zeigen, daß die Bildung dieser sekundären Goldlagerstätten im Pleistozän erfolgte. Fluvioglaziale Schotter, aber auch glazifluviatile Schotter sowie periglaziale Schuttdecken (eluviale Lagerstätte) über goldhaltigen Paragneisen waren die Basis der mittelalterlichen und frühneuzeitlichen Goldgewinnung im Inneren Bayerischen Wald. Der Großteil der Schürfstellen liegt in fluvioglazialen Schottern, d. h. in Sedimenten unterhalb ehemals vergletscherter bzw. plateauverfirnter Gebiete, auf dem Niveau der Oberen Niederterrasse oder der Hochterrasse. Nur am Rachelseebach reichen sie nahe an einen größeren ehemaligen Talgletscher (Südlicher Rachergletscher) heran. Eine glazigene Entstehung der Seifenlagerstätten, aber auch eine Bildung der Hügel und Gräben durch natürliche Vorgänge i. S. von Moränen, Drumlins oder Toteislöchern scheidet aus.

## Abstract

In the light of today's glaciomorphological research the finds known as "Grübenfelder" in the history of local research are definitely the result of earlier attempts to exploit placer gold deposits.

The presently known 37 deposits in the inner Bayerischer Wald area comprise these 4 regions: the area at the foot of the Rachel (Große Ohe, Kleiner Regen) and of the Arber-Falkenstein (Großer Regen, Große Deffernik, Kolbersbach), at Bodenmais-Böbrach and Haide-Haidmühle (Kalte Moldau). They are located in the broad valleys on a tectonic-fluviatile plateau of the Tertiary at the foot of the mountains.

Stratigraphic and sedimental analysis proves that these secondary gold deposits date back to the pleistocene period. Fluvioglacial, glaciofluvial and periglacial sediments on top of paragneisses containing gold were the base of the primarily medieval attempts of gold exploitation. The majority of mining activities happened in fluvioglacial sediments, i.e. below areas formerly covered by glaciers or perennial snow (on upper low terrace- or higher terrace-level). Only at Rachelseebach did they reach right up to a larger valley glacier (Südlicher Rachergletscher). The possibility of a glacial genesis of the placer gold deposits, as well as of a natural genesis of the hills and graben must be dismissed.

## Inhalt

1.	Probleme der Interpretation von Seifenhügeln in der regionalen glazialmorphologischen Forschungsgeschichte .....	252
1.1.	Seifenhügel als Toteishügel .....	253
1.2.	Wiederaufnahme der Toteishügel-Hypothese .....	256
1.3.	Seifenhügel als Belege für ältere Gletscherstände .....	257
2.	Pleistozäne Morphogenese der Seifengoldanreicherungen	
im Inneren Bayerischen Wald .....	259	
2.1.	Goldanreicherungen in fluvioglazialen Schottern .....	259
2.2.	Goldanreicherungen in glazifluvialen Schottern .....	264
2.3.	Eluviale Goldanreicherungen in einer periglazialen Wanderschuttdecke .....	265
3.	Literatur .....	265

### **1. Probleme der Interpretation von Seifenhügeln in der regionalen glazialmorphologischen Forschungsgeschichte**

Mehrere Gründe sprechen dafür, sich im Rahmen dieses Bandes von glazialmorphologischer Seite zu äußern. Erstens sind tatsächlich die Seifenhügel des Inneren Bayerischen Waldes räumlich aufs engste mit glaziären (im Vorfeld von Gletschern geschaffene Formen der Erosion und Akkumulation von Schmelzwässern) Sedimenten verzahnt. Zweitens ergaben sich in der regionalen Quartärforschung mehrfach größere Probleme der richtigen Einschätzung bezüglich anthropogener Bergbauspuren in Seifenlagerstätten. Drittens ist es die Tatsache, daß seit kurzem ein Forschungsstand der 30er Jahre, der die Bergbauspuren der Seifengoldgewinnung als Toteishügellandschaften erklärt, als neues Forschungsergebnis angepriesen wird. Eine aktuelle geomorphologische Positionsbestimmung ist deshalb angebracht.

Die Schwierigkeiten in der richtigen Bewertung von Bergbauspuren in Goldseifen des Inneren Bayerischen Waldes haben ihren Ursprung nicht nur in den spärlichen Archivalien – obwohl Ortsnamen und Volksmund altes Wissen über die mittelalterliche Goldgewinnung bewahrt hatten – oder in den morphologisch relativ unauffälligen Geländeformen älterer glazigener (der unmittelbaren Wirkung des Eises unterliegender) Spuren. Eine wichtige Rolle spielt auch die in den Anfängen der Quartärforschung unseres Mittelgebirges formulierte Grundannahme, daß analog zu anderen Mittelgebirgen eine ehemalige klimatische Schneegrenze zwischen 900 m und 1000 m Höhe (BAYBERGER 1886) zu erwarten sei. BAYBERGER suchte also in den Tallagen und Senken nach Blockansammlungen und Schliffen als Beweis für tiefreichende Spuren einer Vergletscherung, die er sich flächendeckend vorstellte. Er vermutete, daß der Regengletscher bis 520 m, der Ilzgletscher bis 580 m und der Moldaugletscher bis 450 m vorgestoßen sei. Die uns heute bekannten Seifenhügel hatte BAYBERGER nicht beschrieben. Sie hätten für ihn innerhalb des glazigenen Sedimentationsraumes gelegen, wie er es von Goldseifen an der Otava annahm. PENCK, BÖHM & RODLER (1887, S. 73) korrigierten jedoch die Angaben über die Maximalstände und lehnten mit Recht eine flächenhafte Vergletscherung bis in die Tallagen ab.

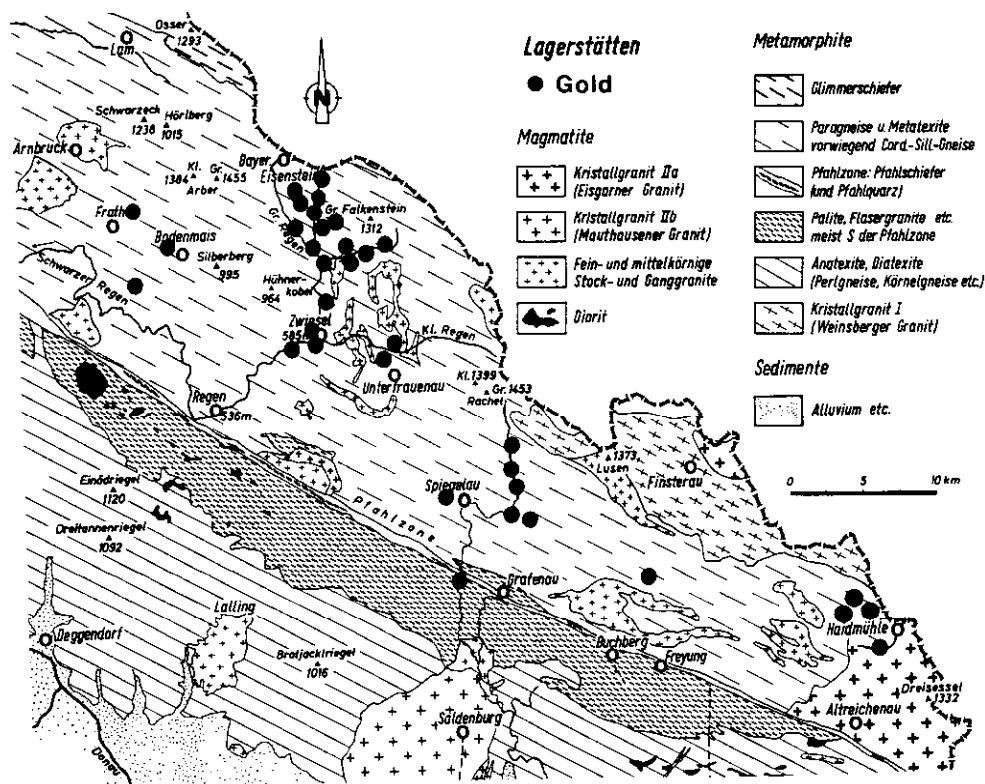


Abb. 1. Übersicht der Gebiete ehemaliger Goldgewinnung im Inneren Bayerischen Wald (Kartengrundlage: STRUNZ 1971).

### 1.1. Seifenhügel als Toteishügel

Die Idee einer flächenhaften Vereisung griff PRIEHÄUSSER in seinen ersten beiden Arbeiten (1927, 1930) wieder auf, akzeptierte aber nicht das zeitliche Nacheinander anthropogener Seifenhügel über glazialen Schottern. Er entwickelte die Theorie einer den gesamten Mittelgebirgsraum erfassenden „Firneisgrundschutt-Stratigraphie“, an der er trotz der sofortigen stichhaltigen Widerlegung durch RATHSBURG (1929) festhielt.

Dies wäre bei allem Publikationsfleiß PRIEHÄUSSERS ein glazialmorphologisches Thema geblieben, wenn er nicht zur Beweisführung ehemaliger Vereisung das Kleinrelief der Seifengoldgewinnung als sog. „Toteisbildungen“ (1930, 1938, etc.) interpretiert hätte. Er entwickelte ein Gedankengebäude pleistozäner Ablagerungen im Bayerischen Wald (1963, Tabelle), das es schließlich erlauben sollte, jedes „Toteishügel-Vorkommen“ zwischen 360 und 800 m allein aufgrund seiner Höhenlage als spätstadiale Schmelzwasserablagerung abschmelzenden „Firneises“ einer jeweiligen Vereisungsphase (Günz, Mindel, Riß II, Würm II und Würm III) zuzuordnen. Dabei liegt bis heute keinerlei Beweis einer Dreifachgliederung der Vereisungsspuren in den letzten beiden Eiszeiten vor, ja es fällt selbst der Nachweis rißglazialer Sedimente schwer.

Die geologischen Werke FLURLS (1792) und GÜMBELS (1868) mit Hinweisen auf die historische Seifengoldgewinnung im Inneren Bayerischen Wald sowie die grundlegende Publikation POŠEPNÝS (1895) über die Goldvorkommen Böhmens und der Nachbarländer kannte PRIEHÄUSSER wohl nicht. Berichte über Goldschürfe tat er als „nur noch ... in einigen heimatgeschichtlichen Aufsätzen“ vorkommend (PRIEHÄUSSER, 1938: 97) ab, schloß aber die nachträgliche Goldwäschertätigkeit in den sog. „Toteishügellandschaften“ auch nicht ganz aus. Er legte sich eine rein naturgeographische Erklärung zum engräumigen Nebeneinander von gut sortierten Schotterhügeln einerseits und Sedimenten mit breitem Korngrößenspektrum andererseits zurecht. Nachdem rezente fluviatile Vorgänge andere Formen hervorbringen, waren es für PRIEHÄUSSER fluviatile Vorgänge des Eiszeitalters mit glazialer Komponente, um die Hügelform und die Schrägstellung gut gerundeter Steine sowie deren Selektion zu erklären. Schotterhügel und Rinnen in den „Grübenfeldern“ waren für ihn das Ergebnis der Tätigkeit fließenden Wassers in und unter einer Firneisdecke. Durch Lichtbildvergleiche mit den Formen randglazialer Toteishügellandschaften der alpinen und der nordischen Vereisung fühlte er sich in seiner Auffassung bestärkt. Eine Besichtigung derselben vor Ort führte er nicht durch, sonst wären ihm die Unstimmigkeiten bezüglich des Profilbefundes aufgefallen.

MANSKE & STERNBERG (1965) befaßten sich eingehend mit dem Phänomen der Grübenfelder in Ostbayern, speziell mit dem von PRIEHÄUSSER (1954) beschriebenen Vorkommen von Diepoldsried und Rötz in der Oberpfalz, aber auch grundsätzlich mit dessen Toteishügel-Hypothese. Nach gründlichen geomorphologischen und montanhistorischen Untersuchungen lehnten sie PRIEHÄUSSERS genetische Vorstellungen ab und wiesen bei Diepoldsried mittelalterlichen/frühneuzeitlichen Seifenbergbau nach.

Später erfolgte im Rahmen der Bearbeitung von glazialen Formen und Ablagerungen im Gebiet des heutigen Nationalparks eine ausführliche Stellungnahme des Verf. zu PRIEHÄUSSERS „Firneisgrundschuttdecken“ (HAUNER 1980: 29 f.) und „Toteishügeln“ (HAUNER 1980: 150 f.), als deren Ergebnis die gesamte Firneisstratigraphie PRIEHÄUSSERS fiel und damit die logische Voraussetzung aller mechanischen Vorstellungen von Abschmelzvorgängen am Rande des Firneises.

Da im übrigen PRIEHÄUSSER (1958: 15) von einer stratigraphischen Zweigliederung jeden „Firneisgrundschuttetes“ ausging und steinlose Mittellagen eines Bodens schon aus theoretischen Erwägungen als spätstadialen Lößlehm identifizierte, verwundert es nicht, wenn seine Profilaufzeichnungen grundsätzlich von heutigen Aufnahmen abweichen. So veranschaulichen z. B. die Abbildungen in seiner Publikation von 1963, daß er alle lithostratigraphisch faßbaren Bodenschichten zwischen dem Gesteinszersatz und dem humosen Mineralboden als „Firneisgrundschuttdecken“ interpretierte, wenn sie nur Grobsedimente aufweisen. Zu ihrer Abgrenzung genügten ihm bereits eine geringe Änderung des Steinanteils (deshalb die hohe Anzahl von 5 Schuttdecken) oder eine Zwischenlagerung genetisch nicht geklärter, verfestigter Sande, Löß(?)lehme und steinloser Lagen von Solifluktionsdecken.

Schließlich diktete PRIEHÄUSSERS räumlich-genetisches Konzept quartärer Ablagerungen jede seiner Profilbeschreibungen. Dies hat auch MARTINEK (1994) erfahren, als er PRIEHÄUSSERSche mit eigenen Geländeaufnahmen in den Goldseifen von Theresienthal korrelieren wollte und keine Übereinstimmung mit

dessen stratigraphischem Befund feststellen konnte. „Im untersuchten Gebiet bei Theresienthal liegen über einem Granitzersatz sehr gut gerundete Flusschotter des Großen Regens, die z. T. von einer Ton-Schlufflage bedeckt sind, bei der es sich allerdings nicht um Lößlehm, sondern eher um eine Art Seeton handelt“ (MARTINEK 1994: 122). Die Gegenüberstellung der Aufnahmen im Bereich des selben Grübenfeldes zeigt Abb. 2.

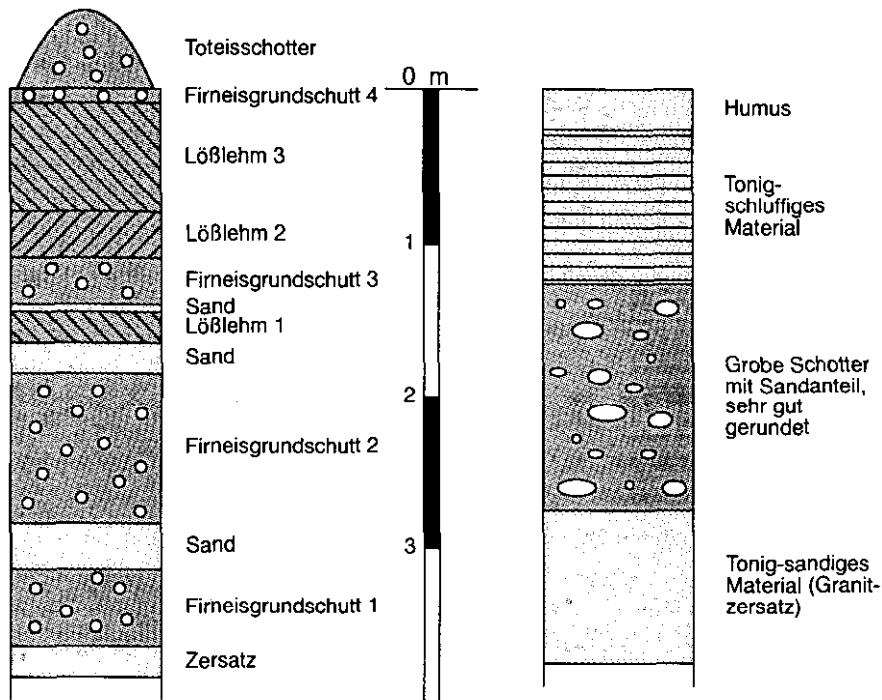


Abb. 2. Vergleich zweier Profilaufnahmen (links: PRIEHÄUSSER 1965; rechts: MARTINEK 1994) aus dem Seifengoldabbau von Fürhaupten/Theresienthal nördlich Zwiesel.

Gegen die Toteishügel-Hypothese sprechen eine Reihe von Aspekten:

1. Der Begriff Toteisformen war bereits in den 20er Jahren in der Wissenschaft für etwas anderes vergeben als ihn PRIEHÄUSSER auffaßte. Dies gilt hinsichtlich a) der Raumdimension der Landschaften, b) der erklärenden Beschreibung von Hohlformen und nicht von Toteishügeln und c) der genetischen Vorstellung, die sich deutlich von PRIEHÄUSSERS Vermischung sehr unterschiedlicher morphogenetischer Prozesse u. a. der Oserbildung unterscheidet.
2. Die Folgerung PRIEHÄUSSERS, „da die Schotterhügel an das Vereisungsgebiet gebunden sind, steht ihre Entstehung innig mit der Vereisung in Zusammenhang“ (1930: 6), ist keineswegs zwangsläufig. Die räumliche Verknüpfung der Goldseifen mit pleistozänen Sedimenten schließt ein zeitliches Nacheinander nicht aus.
3. Eine flächenhafte Firnvereisung des gesamten Bayerischen Waldes gab es einfach nicht, wie aus allen Arbeiten von RATHSBURG et al. (1929), ERGENZINGER

(1965, 1967), BUCHER (1994) und des Verf. (HAUNER 1977, 1980, 1987) übereinstimmend hervorgeht.

4. Grobsedimentanalysen im Liegenden von Seifenhügeln oder in der ungestörten Sedimentfolge zwischen den Hügeln und Rinnen innerhalb eines Abbaugebietes belegen den grundsätzlich fluvioglazialen oder glazifluviatilen Charakter der Lagerstätten, wie unten noch erläutert wird.
5. Das Kleinrelief der Grüben lässt sich eindeutig durch die von AGRICOLA (De re metallica libri XII, 1556, 8. Buch) erläuterten Gewinnungsmethoden erklären: Wir finden Pingen, Kurzschächte, Schürfgräben, Wassergräben für die Waschvorgänge sowie Hügel aussortierten Geröllmaterials. Dieser Aushub liegt gelegentlich auf ungestörttem Solum, d. h. also auch über dem holozänen Boden-A-Horizont.

Besonders aufschlußreich sind in diesem Zusammenhang zwei im großen Grübenfeld am Rachelseebach (HAUNER 1980: 162, Profil Nr. 84 und 85 auf der Oberen Niederterrasse, 25 m vom Bach entfernt) aufgenommene Bodenprofile, die jeweils einen Seifenhügel durchschnitten und Aufschlußtiefen von ca. 2,75 m und 2,55 m erreichten. Die 1,4 m bzw. 1,8 m über Gelände aufgeschütteten Hügel besitzen Böschungswerte von ca. 35° und weisen durch ihr lockeres Gefüge eine hohe Erosionslabilität auf. Ferner fehlen den aus ungeschichtetem groben Schottermaterial bestehenden Hügeln die A- und B-Horizonte des Bodens. Nur eine sich in einigen Jahrhunderten bildende organische Auflage mit einer Mächtigkeit von 3 cm ist vorhanden. Das Hügelmateriel, dem übrigens Kies- und Sandfraktionen vollständig fehlen, birgt noch eine Überraschung: Eine Reihe von Gerölle ist mit Eisen- und Manganoxidschlieren überzogen. Sie entstammen dem im nahen Schürfgraben aufgeschlossenen, deutlich tiefer gelegenen Illuvialhorizont eines fluvioglazialen Schotters, müssen also dort von Menschenhand entnommen worden sein. Im Liegenden der Schotterhügel folgt, wie zu erwarten, ein ungestörtes Bodenprofil mit 5 cm organischer Auflage, ca. 7 cm humosem Mineralboden, 20 cm schlufffreiem Naßboden über einem von der benachbarten Schürfgrabenböschung her bereits bekannten grobsedimentreichen, mittelsandig-feinkiesigen, pleistozänen Schotter. In dessen oberen Lagen ist ein Fe-Mn-Anreicherungshorizont ausgebildet. Eine rein naturgeographische Erklärung für das Schotterhügelprofil zu suchen ist überflüssig. In jeder Goldwaschpfanne mit Feinsediment findet man im übrigen durchschnittlich ein Goldkörnchen (vgl. auch FEHR, HAUNER & WEBER, dieser Band).

## 1.2. Wiederaufnahme der Toteishügel-Hypothese

Wenngleich nach heutigem Kenntnisstand manche Hypothesen PRIEHÄUSSERS überholt sind, verdient sein Werk insgesamt große Würdigung (HAUNER 1982; MADL 1994). Ganz anders ist die neuerliche Rezeption durch PFAFFL (1989, 1993a) zu bewerten. Es widerspricht allgemeiner Gepflogenheit, wenn sämtliche auf stratigraphische Befunde sich stützenden wissenschaftlichen Kommentare zu PRIEHÄUSSERS Ergebnissen ignoriert werden und völlig unkritisch ein Forschungsstand der 30er Jahre reproduziert wird. Dabei entzieht sich die zentrale Aussage des Aufsatzes „Die am Deffernikbach erzielten Untersuchungsergebnisse stehen im Einklang mit den Vorstellungen PRIEHÄUSSERS von einer aquaten

Morphogenese unter, in und auf einer Toteisdecke“ (PFAFFL 1993 a: 344) jeder Nachvollziehbarkeit, weil über die Untersuchung selbst (Geländebefunde, Argumentation, Ergebnisse) nichts mitgeteilt wird.

In dieses Bild fügen sich die Zeilen: „Ob es sich bei den Grüben ausschließlich um Seifenhügel handelt, oder ob es echte Toteishügel aus der Eiszeit sind, darüber streiten sich die Wissenschaftler noch immer. Kürzlich durchgeführte Kartierungen der Hügelfelder im Bayerischen Wald durch den Verfasser ergaben eindeutig, daß die Grübenfelder im Ursprung natürlich eiszeitlich sind ...“ (PFAFFL 1993 b).

Zwei Bemerkungen seien erlaubt: Erstens hat es einen Streit in den Fachwissenschaften genauso wenig gegeben, wie es eine wissenschaftliche Auseinandersetzung zu PFAFFLS (1993 a: 344) widersprüchlichem Fazit geben wird: „Die Toteishügelfelder liegen alle in periglazialen Gebieten“ – wohlgemerkt bei völliger Übereinstimmung PFAFFLS mit den PRIEHÄUSSERSchen Vorstellungen über Toteisbildungen. Und zweitens kann man in jedem Grübenfeld des Inneren Bayerischen Waldes erkennen, daß die Gräben an idealen Stellen inmitten einer mineralogisch nachweisbaren Goldseifenlagerstätte gezogen und entsprechend Hügel aufgeschüttet wurden.

PFAFFL (1989: 27) weist darauf hin, daß die Symmetrie der kleinräumigen Anordnung von Hügel- und Rinnensystemen im Bayerischen Wald nicht den Seifenhügeln und Schurfrinnen bei Sacramento/Kalifornien gleicht und folgert daraus, daß erstere keine Goldseifen sein können. Dieser Schluß bedarf der Korrektur, wenn man das Kleinrelief unserer Goldgruben zu den montanarchäologisch gut erforschten Seifenwerken Südböhmens (KUDRNÁČ & MICHALEK 1987) in Beziehung setzt, d. h. innerhalb eines Kulturrumes mit (zeit)gleichen technischen Errungenschaften vergleicht. In den Sohlentälern unseres Mittelgebirges mit seinen schmalen Niederterrassenstreifen ist die symmetrische Anlage von Waschwerken beiderseits der Symmetriearchse eines meist auch künstlich (z. B. Grübenfeld am Pommerbach) angelegten Wassergrabens für die Seifengoldgewinnung geradezu optimal.

In PFAFFLS Aufsatz von 1993a (S. 345) findet sich nach seitenslanger Reproduktion längst bekannter PRIEHÄUSSERScher Hypothesen die Behauptung, daß 5–80 % der Fläche der Grübenfelder anthropogen verändert wurden, von Landwirten, Holzhauern, Goldwäschern, Quarzsuchern und Bauleuten zum Zwecke des Triftkanal-, Forstwege- und Hausbaus. Der interessierte Leser findet keine Antwort auf die überaus relevante Frage, welches Vorkommen zu welchem Prozentsatz z. B. durch Goldgewinnung geprägt ist. Andererseits wird zwar ein „Toteishügel“-Profil aus dem Grübenfeld an der Gr. Deffernik mitgeteilt, jedoch die Seifengoldgewinnung ohne jede Begründung in Abrede gestellt.

### 1.3. Seifenhügel als Belege für ältere Gletscherstände

Auf der Suche nach rißglazialen Vereisungsspuren im Bayerischen Wald verwies PUFFER (1926: 136) auf die morphologische Ähnlichkeit der ca. 1 km<sup>2</sup> großen Talweitung zwischen Rachelseebach, Hinterem Schachtenbach und Vorderem Schachtenbach (780–800 m; Forstabteilungen „Grüben“ und „Schachtenruck“ E

von Spiegelau) mit einem glazialen Zungenbecken. ERGENZINGER (1965: 14) vermutete hier eine Grundmoräne, die von fluviatil sedimentierten Schottern überlagert wird, welche wiederum „bei einem erneuten Vorstoß des Rachelgletschers gestaucht und zu stromlinienförmigen Rücken von etwa 2,5 m Höhe und meist 6 m Länge – Kleindrumlins – umgeformt“ wurden. Die Hohlformen in dieser Landschaft, also die eigentlichen Gruben, deutet er als Toteisformen oder anthropogen bedingte Hohlformen.

Die Hügelkette ca. 2 km bachabwärts (748–745 m; an der Gr. Ohe) stellten für ERGENZINGER die „gletscherrandnahe Bildung eines ehemaligen äußersten Rachelgletschers, der sein Zungenende im Bereich der Waldwiese bei P 741 hatte“, dar. Er sah die Hügelformen als direkten Beleg für einen tief gelegenen „Grübenmoränenstand“ der Gletscher.

Um diese Hypothese zu überprüfen, ließ der Verf. mit frdl. Unterstützung der Nationalparkverwaltung Bayer. Wald von einem Bagger am Nordrand beider Grübenfelder zwei Aufschlüsse (HAUNER 1980: Profile Nr. 337 und 339) graben, die das quartäre Sedimentpaket im Tal der Großen Ohe bei 756 m (Talau) und 805 m (Nordrand der Schotterebene nahe Hangfuß; Sander) vollständig durchteuften und in den tertiären Granitzersatz hinabreichten. Nach der Rundungsgradanalyse und Einregelungsmessung der zahlreich eingebetteten Grobsedimente ist das Ergebnis eindeutig: Der tertiäre Untergrund (Gneiszersatz mit Kaolinit und Halloysit; HAUNER & KROMER 1984) wird diskordant (Schichtlücke aufgrund frühquartärer Erosion tertiärer Flusschotter im alten Flachmuldental) von grundsätzlich zwei fluvioglazialen Schotterdecken überlagert. Die Mächtigkeit der unteren beträgt im Zentrum bis zu 1,3 m und nimmt an ihren Rändern bis auf ca. 45 cm ab. Die jüngere Schotterdecke schwankt zwischen 40 cm und 80 cm je nach Lage des Profils in der Talau bzw. auf der Unteren Niederterrasse. Vergleichbar sind Profile in benachbarten Talschotterebenen am Hinteren Schachtenbach (805 m) und der Kl. Ohe (748 m), deren Wassereinzugsgebiete pleistozän ebenso vergletschert waren. Auch hier liegen zwei fluvioglaziale Schotterdecken übereinander.

Dieser Geländebezug widerspricht der Hypothese ERGENZINGERS (1965: 22) von einem „Grübenmoränenstand“ der Bayerwaldgletscher, aber auch einem noch tiefer liegenden „Talmoränenstand“ an der Großen Ohe (bei 745 m) und der Kleinen Ohe (bei 730 m), an dem ERGENZINGER noch 1967 (S. 165 f.) festhält. Die wirre Lagerung wohlgerundeter Gerölle in Schottern der Kühau (606 m) entspricht der vom Verf. beobachteten Einregelung von Grobsedimenten im Niederterrassenschotter des Kl. Regen unterhalb der Trinkwassertalsperre Frauendorf. Sie werden vom Verf. jedoch als fluvioglaziale Ablagerungen turbulenter Gewässer gedeutet.

Der rißzeitliche Maximalstand des Südlichen Rachelgletschers (bei 815 m) liegt nach Geländeaufnahmen des Verf. (HAUNER & THIELE 1987: 72 f.) in Sichtweite des obersten Seifenhügelvorkommens. Es ist die einzige Stelle im Inneren Bayerischen Wald, wo sich tatsächlich Bergauspuren und glazogene Sedimente fast berühren.

OTT (1988: 54 f.) hat in der Kiesau und der anschließenden Marderau am Oberlauf der Kalten Moldau nahe dem Dreisessel westlich von Haidmühle Grübenfelder kartiert, die bereits früher bekannt waren (vgl. HARTL et al., dieser Band). Die

Hohlformen schreibt er der ehemaligen Quarzsuche zu, das Schotterfeld selbst soll eine Seitenmoräne sein. Hier fehlt jedoch im Hinterland durch die geringe Höhenlage die Vorbedingung für eine entsprechende Gletscherbildung. Aus dem Rachel-Lusen-Gebiet (HAUNER 1980) und vom Kl. Arberseeegletscher (BUCHER 1994) liegen mittlerweile andere Erfahrungswerte über die ehemalige Schneegrenze und die Dimensionen pleistozäner Nähr- und Zehrgebiete im Bayerischen Wald vor. Eine vom Verf. in der Marderau durchgeführte Grobsedimentanalyse spricht ebenfalls für einen glazifluviatilen Ursprung des Sediments.

## **2. Pleistozäne Morphogenese der Seifengoldanreicherungen im Inneren Bayerischen Wald**

Aus genetischen Gründen lassen sich drei verschiedene Typen pleistozäner Goldlagerstätten im Inneren Bayerischen Wald unterscheiden.

### **2.1. Goldanreicherungen in fluvioglazialen Schottern**

Bei gebirgsrandnaher Lage der Grübenfelder handelt es sich um große Sandflächen, aus denen dann talabwärts terrassierte Sohlentäler hervorgehen, die dann ebenfalls in Talweitungen weitere Goldseifen aufweisen können. Damit unterliegen sie nicht der unmittelbaren Wirkung des Eises der Talgletscher, die bei einer im Rachel-Lusen-Massiv (HAUNER 1980: 134 ff.) ermittelten würmeiszeitlichen Schneegrenze von 1110 m ( $\pm 30$  m) und einer rißglazialen Schneegrenzdepression von durchschnittlich 55 Metern (BUCHER 1994: 58) je nach Gelände mehrere Kilometer vorstießen.

Das Material der fluvioglazialen Schotter ist mittelsandig bis feinkiesig und reich an Grobkomponenten (> 2 cm), wie die Abbildung von einem ungestörten Bodenprofil inmitten des großen Grübenfeldes am Rachelseebach (Abb. 3) zeigt. In größerem Abstand zum Gebirgsfuß (z. B. in den Vorkommen Kühau und Flanitz) herrscht ein lehmig-sandiges Bindemittel vor, in dem viel deutlicher gerundete Gerölle unregelmäßig eingebettet sind. Vergleicht man die Granulogramme der Grobsedimente innerhalb fluvioglazialer Schotter mit jenen von Moränen im gleichen Einzugsgebiet, fällt eine annähernd gleiche Dominanz der Korngrößen 2–6 cm (ca. 55 %) auf. Die Korngrößenklasse 6–12 cm folgt mit über 30 %, der Wert liegt bereits signifikant über jenem von Moränenmaterial. Steine über 24 cm Größe sind nur noch sehr vereinzelt in den gletscherrandnah liegenden Aufschlüssen vorhanden, ganz im Gegensatz zum Moränengeschiebe.

Am Südrand des Rachel-Lusen-Massivs bestehen die Talsedimente grundsätzlich aus zwei fluvioglazialen Schotterdecken. In einem Aufschluß nahe der Grübenbrücke am Rachelseebach (804 m) konnten Einregelungs- und Rundungsgadmessungen in zwei übereinanderliegenden Schottern (Abb. 4) vorgenommen werden. Der Anteil kantiger Gerölle verweist in beiden auf eine geringe Transportweite und eine Herkunft aus dem nahen glazigenen Material. Im Vergleich zu Flachlandflüssen mit normalem, d. h. gleichmäßigem Abfluß und einem Maximum der Längsachsenausrichtung quer zur Fließrichtung verweisen die Sitigramme auf turbulente Sedimentationsbedingungen. Typisch für die Einregelung der Grobsedimente ist im Vergleich zum fluviatilen Verteilungsbild die hohe Zahl längs zur



Abb. 3. Fluvioglazialer Schotter (obere Schotterdecke) aus einem ungestörten Bodenprofil inmitten des großen Grubenfeldes am Rachelseebach (785 m); Bildausschnitt  $1,5 \times 1$  m.

Fließrichtung eingeregelter sowie die Vielzahl anders eingeregelter Gerölle. Für einen turbulenten Abfluß – der außer im Relief auch im plateauverfirnten und vergletscherten Wassereinzugsgebiet seine wesentliche Ursache hat – spricht ferner die fehlende Imbriaktion der Gerölle sowie das breite Korngrößenspektrum der Sedimente.

Daß tatsächlich zwei eigenständige fluvioglaziale Schotterdecken vorliegen, ist aus der Tatsache ersichtlich, daß im genannten Aufschluß eine tonig-feinsandige, matrixarme, offensichtlich periglazial überprägte Schicht von 25 cm Mächtigkeit die beiden Schotter trennt. Diese Lage weist erhöhte Mangangehalte auf. Ortssteinbildungen sind nur für das große Grubenfeld am Rachelseebach typisch und liegen meist an der Strukturgrenze zwischen beiden Schottern (Abb. 5) in 0,8–1,4 m Tiefe. Sie sind nicht Teil eines rezenten Podsolbodens, denn der Eluvialhorizont fehlt. Sie liegen auch deutlich über dem heutigen Grundwasserniveau. Bei der Seifengoldgewinnung wurde dieser Horizont regelmäßig durchteuft. Weitere Anreicherungshorizonte von Erzmineralien konnten darüber hinaus in den Grubenfeldern nicht wahrgenommen werden. Das Seifengold scheint im gesamten Schotterprofil verteilt zu sein, ist aber offensichtlich räumlich an Gebiete mit primären Goldanreicherungen im Cordierit-Sillimanit-Gneis (vgl. nachfolgende Zusammenstellung) gebunden.

Die glazifluviatilen Niederterrassenschotter (ca. 1,3–1,5 m über Bachniveau) haben im Bereich der Goldseifen des Inneren Bayerischen Waldes eine Mächtigkeit von 1,5 bis 2,5 m. Mit zunehmender Distanz vom Gebirgsfuß und vergrößertem Wassereinzugsgebiet nehmen Mächtigkeit und Höhe der Terrasse über dem

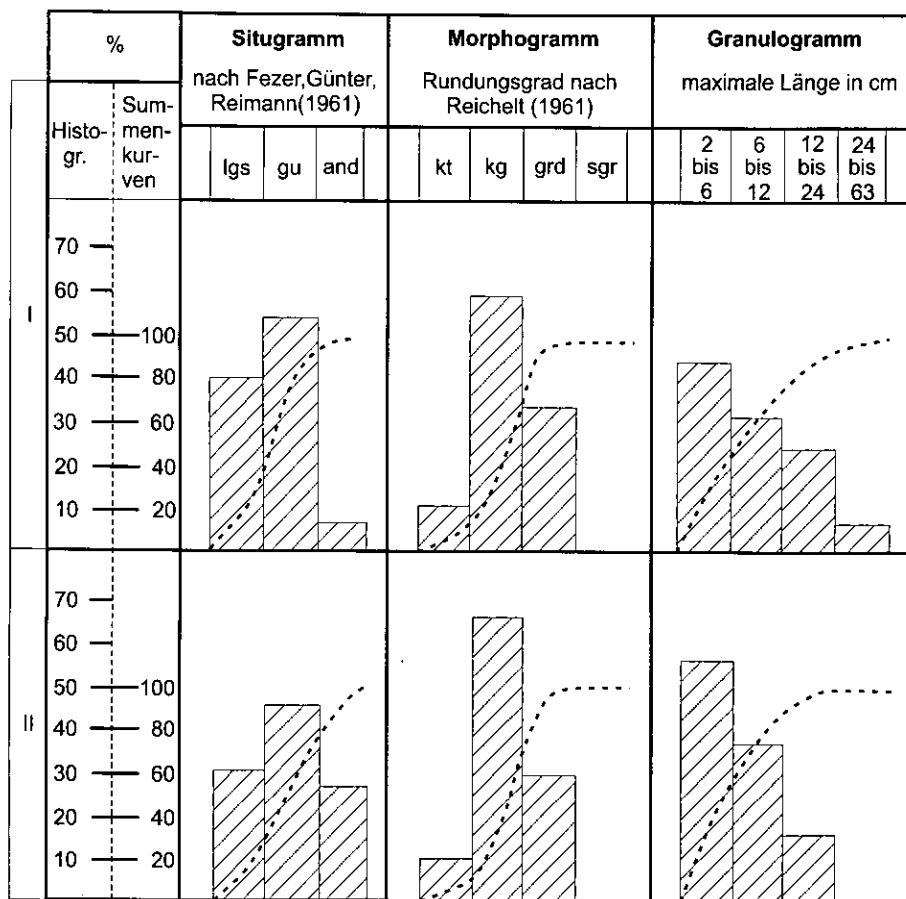


Abb. 4. Grobsedimentanalyse zweier fluvioglazialer Schotterdecken (65 cm mächtige, mittelsandig-grobsandige, lockere Schicht I mit vielen Geröllen über einer >65 cm mächtigen, mittelsandig-feinkiesigen, kompakten Schicht II mit vielen Geröllen) aus einem ungestörten Bodenprofil im Grübenfeld Nr. 1 nahe der Grübenbrücke am Rachelseebach (804 m).

Flußniveau zu. Diese Tendenz gilt vor allem für Hochterrassen an der Gr. Ohe und dem Kl. Regen, aus denen ebenfalls (vgl. Nr. 5 und 7 der Zusammenstellung) Seifengold gewonnen wurde.

Zum fluvioglazialen Lagerstättentyp zählt die Mehrzahl der Goldseifen des Inneren Bayerischen Waldes:

a) **Rachel-Vorland** (vgl. Aufsatz von FEHR et al., dieser Band):

- 1) Großes Grübenfeld (Waldabtlg. „Grüben“) zwischen Rachelseebach und Hinterem Schachtenbach (778–815 m); im Wassereinzugsgebiet Cordieritgneis mit zwischengelagertem Biotit-Plagioklas-Gneis.
- 2) Vorkommen in der Rehau beiderseits der Gr. Ohe (754–760 m) im Bereich der Einmündung des Schwarzen-Kiesgraben-Baches; geologische Situation wie bei 1), ferner metatektischer Cordierit-Sillimanit-Gneis.



Abb. 5. Strukturgrenze mit Erzanreicherung zwischen den zwei fluvioglazialen Schottern in 1,4 m Tiefe (60 cm periglaziale, verlehnte Wanderschuttdecke und 80 cm mächtiger fluvioglazialer Schotter), Profil in der Schotterebene am Ostrand des großen Grübenfeldes Nr. I am Rachelseebach in 805 m Höhe.

- 3) Gr. Ohe nördlich des Gr. Filzes (745–750 m) Waldabteilung „Filzwald“; geologische Situation wie bei 2).
- 4) Gr. Ohe südlich des Gr. Filzes (737–741 m); geologische Situation wie bei 2). Am Ostrand des Grübenfeldes wurde ein Hügel entdeckt, der nur aus Quarzgerölle besteht und offensichtlich für die Glasschmelze in der nahe gelegenen Riedlhütte gedacht war. Grundsätzlich sei hier bemerkt, daß die gelegentliche Quarznachlese in Schotterhügeln nahe den alten Glashüttenstandorten in den Räumen Riedlhütte-Grüben und Regenhütte-Theresienthal nicht ausgeschlossen werden kann. Sie fand aber erst Jahrhunderte nach der Goldgewinnung statt.
- 5) Vorkommen in der Tafelau/Grabewiesbach (743–747 m) auf einer Hochterrasse der Gr. Ohe ca. 6 m über der Niederterrasse; geologische Situation wie bei 2).
- 6) Talweitung an der Großen Ohe (485 m) bei Hartmannsreit (heutiger Stausee); Terrassenschotter mit Cordierit-Sillimanit-Gneis und Cordieritgneis aus dem Oberlauf der Großen Ohe, obwohl das Vorkommen bereits in der Pfahlzone liegt.
- 7) Kühau (605–610 m) zwischen Flanitz und Kl. Regen; Biotit-Plagioklas-Metataexit, Paragneise und „Rabensteiner Gneis“ im Wassereinzugsgebiet. Ähnlich dem Vorkommen „Tafelau“ liegt hier ein goldführender Hochterrassenschotter (6 m über der Niederterrasse) vor. Er unterscheidet sich deutlich vom gebirgsrandnahmen Hochterrasseniveau der Bäche mit kleinerem Einzugs-

gebiet (z. B. Flanitzebene beim Bhf. Klingenbrunn mit ca. 3 m Höhe über Bachniveau). In der Kühau handelt es sich um einen 4 m mächtigen Schotterkörper mit gut bis sehr gut gerundeten Gerölle, die ungeordnet eingeordnet sind. Bindemittel sind rötliche bis leicht grünliche Sande und dichte Lehme.

ERGENZINGER (1967, S. 161) vermutet eine glaziale Überfahrung von fluviyalen Schottern und sieht darin einen Beleg für den rißzeitlichen Maximalstand des Kl. Regengletschers bei ca. 600 m Höhe. Aufgrund der starken Verwitterung und Verlehmung des Feinsediments sowie der Höhe der Terrasse stimmt der Verf. mit ERGENZINGER hinsichtlich der zeitlichen Einordnung überein, geht aber von der fluvioglazialen Ablagerung eines turbulenten Gewässers aus. Die gelegentlich ungeordnet wirkende Einregelung der Gerölle ist hierfür typisch. Für diese Deutung sprechen das große Wassereinzugsgebiet (Rachel-Kiesruck) des rißglazialen Flusses und zweitens die Tatsache, daß der rißeiszeitliche Kl. Regengletscher unseren Erfahrungen in Mitteleuropa entsprechend nicht die doppelte Länge seines würm-eiszeitlichen Nachfolgers haben kann. Im übrigen fehlt jede Spur einer blockreichen Grundmoräne außerhalb des gut abgesicherten Maximalstandes (720 m) des Kl. Regengletschers.

- 8) Pommerbach (605–615 m); Biotit-Plagioklas-Metatexit und Rabensteiner Gneis im Wassereinzugsgebiet.
- b) Falkenstein-Vorland und Arber-Ostseite (vgl. MARTINEK & LEHRBERGER 1996 und MARTINEK & LEHRBERGER in diesem Band):
  - 9) Erlhütte (671–680 m), wie die Vorkommen 10) und 11) in der Senke des Gr. Deffernik gelegen; Glimmerreiche Gneise, Biotit-Plagioklas-Gneis und Cordierit-Sillimanit-Gneis im Einzugsgebiet.
  - 10) Sandau (642–650 m) am Gr. Deffernik; geologische Situation wie bei 9). ERGENZINGER (1967: 162) vermutet hier eine Moräne anstatt des fluvioglazialen Schotters und zieht Parallelen mit dem Vorkommen in der Kühau. Dies würde jedoch extreme Dimensionen einer Vergletscherung (vgl. Argumentation zu Vorkommen 7) voraussetzen und ist somit unwahrscheinlich.
  - 11) Wolfsgruben/Schmalzau an der Gr. Deffernik zwischen Einmündung von Gr. Steinbach und Schmalzbach (630–640 m); geologische Situation wie bei 9).
  - 12) Rannenau (655–670 m) am Höllbach; vor allem glimmerreiche Gneise und Biotit-Plagioklas-Gneis.
  - 13) Grüben/Gschwend (630–645 m) am Kolbersbach; glimmerreiche Gneise, Biotit-Plagioklas-Gneis und Cordierit-Sillimanit-Gneis.
  - 14) Goldwiese (615 m) am Kolbersbach; geologische Situation wie bei 10).
  - 15) Bärnfilz (603–612 m) am Gr. Regen unterhalb Regenhütte; Cordierit-Sillimanit-Gneis.
  - 16) Rotfilz (598–600 m) am Gr. Regen bei der Einmündung des Gr. Deffernik; Cordierit-Sillimanit-Gneis.
  - 17) Rotau-Ludwigsthal (585–595 m) im Mündungsgebiet Kolbersbach/Gr. Regen; vorwiegend Cordierit-Sillimanit-Gneis und Biotit-Plagioklas-Gneis.
  - 18) Theresienthal (669–673 m) am Gr. Regen; Granat-Cordierit-Sillimanit-Gneis und Cordierit-Sillimanit-Gneis.

- 19) Ehemalige Grüben im Stadtpark von Zwiesel am Gr. Regen; geologische Situation wie bei 18).
- 20) Seifenbügel links des Schwarzen Regen bei der Schwarzach-Mündung; Biotit-Plagioklas-Metatexit.

## 2.2. Goldanreicherungen in glazifluviatilen Schottern

Es handelt sich um pleistozäne Schotter von Bächen, deren Einzugsgebiet nicht bis zur ehemaligen klimatischen Schneegrenze hinaufreichte, also um kleinere Bäche mit meist ungegliedertem Schotterkörper. Sie entwässern den ehemals periglazialen Raum. Das Maximum der Längsachsenausrichtung der Gerölle liegt quer zur Fließrichtung. Ferner gewinnt eine bestimmte Komponentengröße des Grobsediments Dominanz, weil sie bei der zur Verfügung stehenden Schleppkraft gerade noch transportiert werden kann. Kantige Gerölle kommen nicht mehr vor, gerundete bis sehr gerundete Gerölle dominieren in diesen sandigen Schottern. Die Einregelung der Grobsedimente spricht nicht für turbulente Bedingungen. Anreicherungshorizonte des Schwermineralbestands konnten trotz der ruhigeren Sedimentation im glazifluviatilen Milieu nicht beobachtet werden. Es liegt eine gleichmäßige Verteilung im Sediment vor.

Zu diesem Lagerstättentyp gehören folgende Goldseifen:

a) Südliches Rachel-Vorland:

- 21) Schneiderbach (734–745 m) NW Spiegelau; metatektischer Cordierit-Sillimanit-Gneis und anatektischer, blastomylonitischer Cordieritgneis im Einzugsgebiet.
- 22) Tyroler Bach (703–706 m) bei Glashütte; metatektischer Cordierit-Sillimanit-Gneis und benachbart ein Quarzgang.

b) Zwiesel-Falkenstein (vgl. MARTINEK & LEHRBERGER 1996 und MARTINEK & LEHRBERGER in diesem Band):

- 23) Ahorn-Bachl (580 m) SE Rote Höhe bei Zwiesel; Granat-Cordierit-Sillimanit-Gneis.
- 24) Schmalzbach (638–648 m) unterhalb des eluvialen Vorkommens Nr. 35); Cordierit-Sillimanit-Gneis.
- 25) Geiselbach (620–630 m) unterhalb des eluvialen Vorkommens Nr. 36); Cordierit-Sillimanit-Gneis.

c) Raum Bodenmais – Böbrach (LEHRBERGER 1996):

- 26) Rothbach bei Maisried-Dirnberg (520–530 m) nahe dem historischen Bergwerk in der Ortsflur Berggrube; überwiegend Cordierit-Sillimanit-Gneis.
- 27) Haberbühlbach (570–580 m) bei Unterried/Drachselsried; Cordierit-Sillimanit-Gneis.

d) Haidel – Haidmühle (vgl. Aufsatz von HARTL et al., dieser Band):

Diese Seifengoldvorkommen liegen alle im Quellgebiet der Kalten Moldau im Kontaktbereich von Haidmühler und Haidel-Granit zu metatektischen Cordierit-Sillimanit-Gneisen.

- 28) Goldgrubenbach (ca. 915 m).
- 29) Kiesau/Marderau/Gruben (825–900 m).
- 30) Weberau-Bach (ca. 875 m).
- 31) Bach westlich Bärenfilz (ca. 840 m).
- 32) Hüttenbach (870–875 m).
- 33) Ohmüllerseuge (825–840 m).

### **2.3. Eluviale Goldanreicherungen in einer periglazialen Wanderschuttdecke**

Solifluktionsvorgänge führen selbst auf mäßig geneigten Hängen in günstiger SW-S-Exposition sowohl zur mechanischen Verwitterung des Festgesteinsscherbiger Verwitterungsschutt, Pseudoschichtung im verzogenen tertiären Gesteinszersatz) als auch durch die erhebliche Bodendynamik zur mechanischen Aufbereitung und Anreicherung von Goldkörnchen aus der Primärvererzung. Zu diesem Vererzungstyp gehören folgende Lokalitäten:

- 34) Moosbach bei Mooshof (ca. 620 m), 2 km NW Bodenmais. In der Umgebung wurden im quarzitischen Gestein Kupferkiesimprägnationen mit 0,04–0,06 g/t Gold durch das Bergamt Bodenmais festgestellt (BLENDINGER & WOLF 1971: 125).
- 35) Schwellhäusl/Hochberg: Allein durch periglaziale Bodenbildung und -bewegung hat sich am Hochberg (941 m) in einer für solifluidale Prozesse günstigen Südexposition nahe der primären Vererzung relativ feinkörniges Gold angereichert. Es ist eines von nur vier bisher bekannten eluvialen Goldvorkommen des Inneren Bayerischen Waldes und befindet sich 15–20 m über dem Bachbett in einer Wanderschuttdecke über Cordieritgneis.
- 36) Abgrabungen in periglazialer Wanderschuttdecke in Höhe des Geiselbach-Zuflusses bei 632 m; Cordierit-Sillimanit-Gneis.
- 37) Goldvorkommen am SW-exponierten Hang des Gr. Falkenstein bei 610–630 m: Sie sind in der periglazialen Wanderschuttdecke direkt über dem geologischen Ursprung des Vorkommens (Cordierit-Sillimanit-Gneis) angelegt. Diese Lokalität wird von parallelen Bachrissen durchzogen, deren Wasser der Schleicherbach sammelt. Von da an führt auch der Bachschotter Gold. Die Seifen hügel reichen bis 605 m.

### **3. Literatur**

- BAYBERGER, F. (1886): Geographisch-geologische Studien aus dem Böhmerwalde. – Petermanns Geogr. Mitt., Erg.-Bd. **18**: 1–63, Gotha.
- BLENDINGER, H. & WOLF, H. (1971): Die Magnetkieslagerstätte Silberberg bei Bodenmais und weitere Erzvorkommen im Hinteren Bayerischen Wald. – Aufschluß, Sonderbd. **21**: 108–139, Heidelberg (VFMG).
- BUCHER, M. (1994): Glazialmorphologische Untersuchungen im Gebiet des Kleinen Arbersees. – Zulassungsarb. Lehrst. f. Phys. Geogr., Univ. Passau, 68 S., Passau.
- ERGENZINGER, P. (1965): Morphologische Untersuchungen im Einzugsgebiet der Ilz, Bayerischer Wald. – Berl. Geogr. Abh., **2**: 48 S., Berlin.
- ERGENZINGER, P. (1967): Die eiszeitliche Vergletscherung des Bayerischen Waldes. – Eiszeitalter und Gegenwart, **18**: 152–168, Öhringen.

- HAUNER, U. (1977): Die Spuren der Eiszeit im Nationalpark Bayerischer Wald. – Nationalpark, **15**: 18–21, Grafenau.
- HAUNER, U. (1980): Untersuchungen zur klimagesteuerten tertiären und quartären Morphogenese des Inneren Bayerischen Waldes (Rachel - Lusen) unter besonderer Berücksichtigung pleistozän kaltzeitlicher Formen und Ablagerungen. – Regensburger Geogr. Schr., **14**: 198 S., Regensburg; sowie: Nationalpark Bayerischer Wald, **6**: 198 S., Grafenau.
- HAUNER, U. (1982): Dr.h.c. Georg Prießnitzer (1894–1974). Leben und Werk einer Forscherpersönlichkeit des Bayerischen Waldes. – Geol. Bl. NO-Bayern, **32**: 166–187, Erlangen.
- HAUNER, U. & KROMER, H. (1984): Halloysit und Kaolinit – Indikatoren tertiärer lateritischer Bodengenetik im oberflächennahen Zersatz der kristallinen Gesteine des Inneren Bayerischen Waldes. – Acta Albertina Ratisbonensis, **42**: 81–86, Regensburg.
- HAUNER, U. & THIELE, K. (1987): Rachel und Lusen. Glazialmorphologie und Waldsterben im Nationalpark Bayerischer Wald. – Geographische Exkursionen im östlichen Bayern (Hrsg. H. Popp), Passauer Schr. z. Geogr., **4**: 67–80, Passau.
- KUDRNÁČ, J. & MICHÁLEK, J. (1987): Archäologische Forschungen zur Erhellung der Anfänge der Goldgewinnung in Südböhmen. – Ostbairische Grenzmarken, Passauer Jb., **29**: 9–19, Passau.
- LEHRBERGER, G. (1996): Goldlagerstätten und historischer Goldbergbau in Bayern. – In: Gold im Herzen Europas. Katalog zur Ausstellung. Schr.-R. Bergb. Ind.-Mus. Ostbayern, **34**: 17–63, Theuern.
- LEHRBERGER, G. & MARTINEK, K.-P. (1996): Metamorphe Goldvererzungen und assoziierte Seifenlagerstätten im Moldanubikum des Bayerischen Waldes und südlichen Böhmerwaldes. – In: OBERMÜLLER, T. [Hrsg.]: Mineralien und Lagerstätten des Bayerischen Waldes. Tagungsbd. z. VFMG-Sommertagung, 179–197, Kötzting.
- MADL, W. (1994): Dr. h. c. Georg Prießnitzer – Leben und Werk. – Der Bayerische Wald, **8**: 6–8, Grafenau (Morsak).
- MANSKE, D.-J. & STERNBERG, H. (1965): Über einige Grübenfelder im Oberpfälzer Wald. Beobachtungen an sogenannten Toteisbildung. – Mitt. d. fränk. geogr. Ges., **11/12**: 400–414, Erlangen.
- MARTINEK, K.-P. (1994): Mineralogisch-lagerstättenkundliche Untersuchungen an den Goldvorkommen zwischen Zwiesel und Bayerisch-Eisenstein, Bayerischer Wald. – Unveröff. Dipl.-Arb., TU München, 142 S., Garching.
- MARTINEK, K.-P. & LEHRBERGER, G. (1993): Morphologie und chemische Zusammensetzung von Seifengold aus dem Falkensteinmassiv bei Zwiesel (Bayerischer Wald). – Ber. d. DMG, Beih. Eur. J. Mineral., **5**, 1, III XII: 229, Stuttgart (Schweizerbart).
- MARTINEK, K.-P. & LEHRBERGER, G. (1996): Die Goldvorkommen im Bayerischen Wald unter besonderer Berücksichtigung des Zwieseler Winkels. – Der Bayerwald, **4**: 20 S., Straubing.
- OTT, W.-D. (1988): Geologische Karte von Bayern 1 : 25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 7147 Freyung und zum Blatt 7148 Bischofsreuth. – 137 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- PENCK, A., BÖHM, A. & RODLER, A. (1887): Bericht über eine gemeinsame Exkursion in den Böhmerwald. – Z. d. Dt. Geol. Ges., **39**: 68–77, Berlin.
- PFAFFL, F. (1989): Der Bayerische Wald im Tertiär und Quartär. – Geol. Bl. NO-Bayern, **39**: 1–38, Erlangen.
- PFAFFL, F. (1993 a): Kritische Anmerkungen zum Toteishügel-Problem im Bayerischen Wald. – Geol. Bl. NO-Bayern, **43**: 341–348, Erlangen.
- PFAFFL, F. (1993 b): Goldrausch im Bayerischen Wald. – Schöner Bayerischer Wald, **94**: 17–18, Grafenau (Morsak).

- Pošepný, F. (1895): Die Goldvorkommen Böhmens und der Nachbarländer. – Archiv f. pract. Geol., **2**: 484 S., Freiberg.
- PRIEHÄSSER, G. (1927): Der Bayerische Wald im Eiszeitalter. – Geogr. Jh., **40**: 133–150, München.
- PRIEHÄSSER, G. (1930): Die Eiszeit im Bayerischen Wald. – Abh. Geol. Landesuntersuchung d. Bayer. Oberbergamtes, **2**: 46 S., München.
- PRIEHÄSSER, G. (1938): Eiszeitliche Toteisbildung im Bayerischen Wald. – Z. f. Gletscherkunde, **26**: 97–111, Berlin.
- PRIEHÄSSER, G. (1954): Eiszeitliche Toteisbildung aus dem Mitteldiluvium in der Oberpfalz bei Rötz. – Geol. Bl. NO-Bayern, **4**: 93–102, Erlangen.
- PRIEHÄSSER, G. (1958): Über den Aufbau und die Oberflächenformen der Ablagerungen aus dem Firneis der letzten Eiszeit. – Geol. Bl. NO-Bayern, **8**: 152–157, Erlangen.
- PRIEHÄSSER, G. (1963): Altpleistozäne Eiszeitspuren im Bayerischen Wald. – Geol. Bl. NO-Bayern, **13**: 163–177, Erlangen.
- PUFFER, L. (1926): Neue Eiszeitspuren im Böhmerwald. – Lotos, **74**: 135–138, Prag.
- RATHSBURG, A. (1929): Neue Beiträge zur Vergletscherung des Böhmerwaldes während der Eiszeit. – Mitt. d. Ver. f. Erdkunde Dresden, **105**: 1–106, Dresden.
- STRUNZ, H. (1971): Mineralien und Lagerstätten des Bayerischen Waldes. – Aufschluß, Sonderh. **21**: 8–91, Heidelberg (VFMG).

Manuskript bei der Redaktion eingegangen am 24. 6. 1997.

# Goldvererzungen im Moldanubikum des Falkensteinmassivs zwischen Zwiesel und Bayerisch Eisenstein, Bayerischer Wald

Von KLAUS-PETER MARTINEK und GERHARD LEHRBERGER

Mit 16 Abbildungen und 1 Tabelle

## Kurzfassung

Entlang von goldführenden Bächen und Flüssen im Gebiet zwischen Zwiesel und Bayerisch Eisenstein treten zahlreiche charakteristische Geländeformen auf, die bislang vielfach als Glazialaspuren gedeutet wurden. Durch die vorliegenden Untersuchungen konnte belegt werden, daß es sich dabei um Spuren der Gewinnung von primären und sekundären Goldvorkommen handelt.

Das Untersuchungsgebiet liegt im Moldanubikum und besteht im wesentlichen aus Cordierit-Sillimanit-Gneisen und variszischen Graniten. An diese Granite sind zahlreiche Pegmatite gebunden, in denen mineralogisch interessante Phosphatmineralparagenesen auftreten.

Im Gebiet zwischen Zwiesel und Bayerisch Eisenstein konnten mittels systematischer Bachsedimentprospektion zahlreiche Goldanomalien nachgewiesen werden. Das Gold tritt in quartären Flußsedimenten auf. Die Rundung und Plättung der Goldkörner stellen zuverlässige Indikatoren für die Beurteilung der Entfernung von den primären Goldvorkommen dar.

Die Prospektion führte zu mehreren eluvialen Goldvorkommen im Falkensteinmassiv. Die primäre Goldvererzung tritt stratiform in hochmetamorphen Paragneisen der monotonen Gruppe des Moldanubikums auf. Charakteristisch ist jeweils die Elementassoziation Au-Bi-As in Form der Minerale ged. Gold, Maldonit bzw. Au-Bi-Myrmekit, ged. Bismut, Löllingit und Arsenopyrit, wobei Sulfide aufgrund der geringen Verwitterungsresistenz in Bachsedimenten in der Regel nicht nachgewiesen werden können.

Die Art der Vererzungen deutet auf eine metamorphogene Bildung hin. Für die ursprüngliche Stoffzufluhr wird ein vulkano-sedimentärer Bildungsbereich angenommen. Während der Hochtemperatur-Metamorphose kam es zu einer Mobilisierung und Umlagerung von Gold und den anderen erzbildenden Elementen. Die Paragenese equilibrierte unter den Bedingungen der Metamorphose. Es ist eine ähnliche Situation wie im angrenzenden Böhmen anzunehmen.

Die primäre Goldvererzung wurde im Untersuchungsgebiet offenbar an keiner Stelle untertätig abgebaut. Man beschränkte sich auf die leichter zu gewinnenden verwitterten Lagerstättenbereiche. Die nachgewiesene umfangreiche Goldgewinnung hatte, nach den spärlichen Urkunden zu schließen, ihren Höhepunkt im ausgehenden Mittelalter.

Die hier zusammengestellten Untersuchungsergebnisse resultieren größtenteils aus der Diplomarbeit des Erstautors und Untersuchungen im Rahmen eines von der Volkswagen-Stiftung geförderten Forschungsprojektes.

## Abstract

In the area between the towns of Zwiesel and Bayerisch Eisenstein in the Bavarian Forest along the border with the Czech Republic numerous gold occurrences were located by systematic stream sediment prospection. By following gold anomalies in stream sediments upstream eluvial gold mineralizations could be found on the western slope of the Falkenstein gneiss massif.

The study area belongs to the Moldanubicum and the rocks consist mostly of cordierite-sillimanite-gneisses intruded by Variscan granites. Numerous pegmatites are known in and around Zwiesel due to rare phosphate mineral associations.

Gold is found in Quaternary river fluvial sediments in the valleys and rounding and flattening of gold grains is a reliable measure for the distance from primary mineralizations. The primary mineralizations are located in high grade metamorphic rocks of the socalled Monotonous Group of the Moldanubicum. The protoliths of the rocks were pelitic sediments with minor carbonate intercalations.

The element association of Au, As and Bi is characteristic for the Moldanubicum and well known from other localities in Bavaria and Bohemia. The mineral assemblage consists of native gold, native bismuth, maldonite, arsenopyrite and toellingite. Only native gold is stable in the stream sediments, the sulphide minerals are mostly weathered and can only be found in rare cases.

Gold mineralization is considered to have formed in a diagenetic or early metamorphic stage of the rock formation by hydrothermal systems. During metamorphism a mobilisation of gold and the other ore-forming elements and recrystallization occurred and the system reached an equilibrium under these conditions.

Along many gold bearing rivers and creeks relics of the former placer gold mining were found as large diggings and dumps but are today mostly covered by forest. Those characteristic landscapes are locally named Grübenfelder and were for a long time misinterpreted as glacial formations. Modern investigations revealed that the local glaciers of the Bavarian/Bohemian forests did never reach the areas where the old gold workings are found. Underground mining had obviously not been practiced in the Zwiesel district. The mining operations have been active probably from the 10<sup>th</sup> or 11<sup>th</sup> century to the 17<sup>th</sup> century. The Thirty-Years war probably terminated the mining activities as in many other areas.

Most of the results presented in this paper are the result of a diploma-thesis by the first author and investigations within a research project funded by the Volkswagen Foundation.

## Inhalt

1. Geologische Übersicht .....	271
2. Hinweise auf Goldvorkommen .....	271
2.1. Schriftliche Quellen .....	271
2.2. Flurnamen .....	273
2.3. Geländemorphologie .....	273
3. Verbreitung der Bergbauspuren .....	274
3.1. Bereich Großer Regen .....	275
3.2. Bereich Deffernik .....	279
3.3. Bereich Schmalzbach .....	280
3.4. Bereich Geiselbach .....	280
3.5. Bereich Kolbersbach und Zuflüsse .....	280
3.6. Bereich Schleicherbach .....	285
3.7. Sonstige Goldbergbauspuren .....	285
4. Probenahme und Auswertung .....	287
4.1. Bachsedimentprospektion .....	287
4.2. Schwermineralbestand und Goldführung .....	287
4.3. Morphologie des Seifengoldes .....	289
4.4. Internstruktur und chemische Zusammensetzung des Goldes .....	290
4.5. Vererzungsmodell .....	298
5. Literatur .....	299

## 1. Geologische Übersicht

Das Gebiet zwischen Zwiesel und Bayerisch Eisenstein gehört geographisch zum Inneren Bayerischen Wald. Im Untersuchungsgebiet überwiegen Gesteine der Monotonen Gruppe des Moldanubikums (STETTNER 1981; ROHRMÜLLER 1996). Der geologische Bau des Untersuchungsgebietes ist relativ übersichtlich (MADEL et al. 1968). Die größten Flächenanteile werden von granatführendem Cordierit-Sillimanit-Gneis eingenommen (Abb. 1), aus dem alle bedeutenden Erhebungen bestehen, so auch der Gr. Falkenstein. Nördlich der Linie Bayerisch Eisenstein – Gr. Falkenstein treten mit fließenden Übergängen sillimanitführende Biotit-Plagioklas-Gneise und Muskovit-Biotit-Gneise in Erscheinung. Noch weiter im Norden, etwa bei Železná Ruda (Markt Eisenstein) finden sich andalusitführende Granatglimmerschiefer z. T. mit Auftreten von Kyanit (SPERLING & GRUNDMANN 1993). Insgesamt ergibt sich das Bild einer prograden Metamorphose von Nord nach Süd. Diese Abfolge entspricht im wesentlichen der von BLÜMEL (1983) für das westlich anschließende Gebiet beschriebenen metamorphen Zonierung des Moldanubikums. Im Süden des Untersuchungsgebietes erscheinen verstärkt Intrusionen von feinkörnigem Granit, an die auch Pegmatite gebunden sind. Andere Gesteine wie diatektisch gebildeter Kristallgranit, Körnelgneis und Amphibolit treten nur untergeordnet und lokal eng begrenzt auf.

Das heutige Landschaftsbild ist vor allem durch das Falkensteinmassiv mit dem Großen Falkenstein (1315 m NN) als höchstem Punkt geprägt. Im Westen reichen die Ausläufer des Arber-Kaitersberg-Gebirgsstocks an den Großen Regen, der das Gebiet in N-S-Richtung durchfließt. Die Umgebung der Stadt Zwiesel zeichnet sich durch eine flachhügelige Beckenlandschaft aus.

Diese Großformen der Landschaft entstanden im wesentlichen durch tektonische Vorgänge im Tertiär. Der gesamte Grundgebirgskomplex wurde im Oligozän gehoben und in Bruchschollen zerlegt, eine anschließende starke Erosion schuf eine Rumpffläche miozänen Alters. Diese alte Landoberfläche wurde dann noch einmal durch jüngere Blocktektonik zerstückelt, so daß schließlich das heute vorliegende Relief entstand (MADEL et al. 1968). Alle Gewässer des Untersuchungsgebietes fließen in den Großen Regen oder in den Kleinen Regen. Beide Flüsse vereinigen sich bei Zwiesel zum Schwarzen Regen. Zu den jüngsten Landschaftsveränderungen zählen die z.T. großflächigen Grabungen im Rahmen der Goldgewinnung in den fluviatilen Talfüllungen vor allem des Kolbersbaches, des Gr. Defferniks und des Gr. Regens.

## 2. Hinweise auf Goldvorkommen

### 2.1. Schriftliche Quellen

Der älteste Hinweis auf Goldvorkommen im östlichen Bayerischen Wald findet sich in einem Herzogs-Urbar (Güterverzeichnis als Grundlage der Besteuerung) aus dem Jahr 1312. Hier wird ein „*Goldwerch ze Pebra (Böbrach), ze Pabenmaizz (Bodenmais) und vor andern waeldern*“ erwähnt (WINKLER 1991: 19). Zum Zeitpunkt der Erhebung war der Betrieb jedoch aufgelassen. Die angeführten Orte Böbrach und Bodenmais liegen nur wenige Kilometer entfernt von Zwiesel. Mit

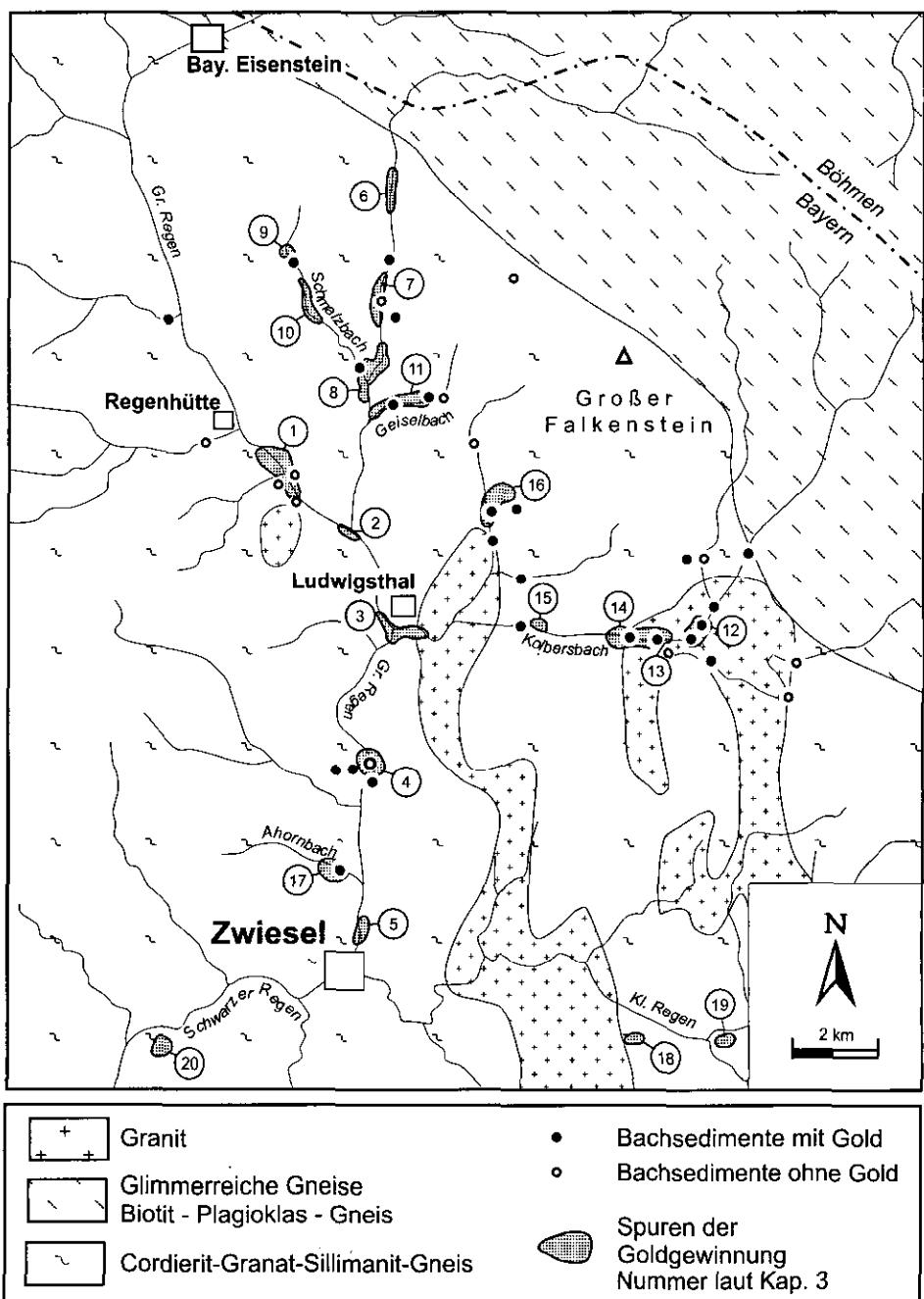


Abb. 1. Geologische Übersichtskarte des Falkensteinmassivs zwischen Zwiesel und Bayerisch Eisenstein mit Lage der historischen Goldabbau und Ergebnissen der Bachsedimentprospektion.

dem „*Goldwerk vor anderen Wäldern*“ könnte also die Goldgewinnung bei Zwiesel gemeint sein.

Im Jahr 1347 erhielten die Herren von Degenberg unter anderem den Goldzehent in der Pfarrei Regen vom Landesherrn als Erblehen. Diese Steuer brachte in diesem Jahr einen Ertrag von einem Pfund Pfennige, folglich wurde Gold im Wert von 10 Pfund Pfennige gewonnen. Diese Abgabe wurde, wie in einem degenbergischen Salbuch belegt ist, auch noch um 1437 erhoben. In einer Auseinandersetzung zwischen Herzog Albrecht und Hans von Degenberg um die Lehenrechte im Jahr 1448 geht es unter anderem auch um den Goldzehent (WINKLER 1996: 16).

Bereits in der frühen geologischen Literatur über den Bayerischen Wald finden die Goldvorkommen Erwähnung. So sieht FLURL (1792: 126) die in der Gegend von Bodenmais „häufig am Tage liegenden Seifenhübeln“ in Zusammenhang mit einer im 15. Jahrhundert vom Landesherren erteilten Bewilligung Gold zu „seifnen“ (waschen).

GRUEBER & MÜLLER (1846: 191) zählen die Goldwässcher zu den ersten Siedlern im Raum Zwiesel: „Zwiesel, sammt der sogenannten Frauenau auf dem ursprünglichen Dotationsgrunde des Klosters Rinchnach liegend, verdankt sein Entstehen den dasigen Mönchen, welche es zuerst mit Goldwäschern bevölkerten.“

GÜMBEL schreibt in seiner „Geognostischen Beschreibung des Ostbayerischen Grenzgebirges“ (1868: 902): „Auch bei Bodenmais bestanden noch im 15. Jahrhundert Goldseifenwerke und am Dreisesselgebirge bei Duschelberg und Bischofsreuth erkennt man noch jetzt die Überreste alter Goldseifen.“ Weitere Hinweise finden sich bei POŠEPNÝ in seiner grundlegenden Publikation über die Goldvorkommen Böhmens und der Nachbarländer (1895: 247). Zusammenfassende Darstellungen aktueller Forschungsergebnisse finden sich bei LEHRBERGER (1996) und LEHRBERGER & MARTINEK (1996).

## 2.2. Flurnamen

Neben den schriftlichen Quellen können auch Flurnamen Hinweise auf Goldvorkommen bzw. eine Goldgewinnung geben. Eine auffällige Häufung solcher Flurnamen ist nördlich von Zwiesel am Kolbersbach zu beobachten. Im Einzugsgebiet dieses Baches befindet sich die Goldquelle, die bereits in den Uraufnahmblättern des Jahres 1829 genannt ist, und dort, wo der Bach sein starkes Gefälle verliert und erstmals größere Schotterkörper ablagern konnte, trägt eine ganze Waldabteilung den Namen Grüben (TK25: Blatt 6945 Zwiesel), was sich auf das Auftreten von Halden und Schürfen der Goldgewinnung bezieht. Weiter flussabwärts, bei Lindbergmühle kennt der Volksmund eine Goldwiese. Auch soll sich nach SEYFERT (1978) der Name Kolbersbach von Goldbergbach ableiten.

## 2.3. Geländemorphologie

Wie die Bezeichnungen Seifenhübel bei FLURL oder Seifenpingen bei POŠEPNÝ bereits andeuten, hinterläßt der Seifengoldbergbau typische Geländeformen, die sog. Grübenfelder (s. o.) oder Seifenwerke (LEHRBERGER 1996: 20–21).

Wohl eine der ältesten Beschreibungen dieser Bergbauspuren findet sich in der „Topographia“ von APIAN. In dem Text zu den Landtafeln des Jahres 1568 steht (SEYFERT 1981): „*bei diesen Bächen ist eine sandige Fläche, in welcher sich sehr viele Gruben befinden, die unter anderem zum Beweis dafür dienen, daß die Alten an diesen Plätzen mit Hilfe der üblichen Waschung Gold sammelten.*“

HOCHSTETTER (1854: 567 f.) schreibt über die alten Goldwäschen im Böhmerwald: „*.... zahllose Seifenhügel an Flüssen und Bächen, lange Pingen- und Haldenzüge im Gebirge geben noch Zeugnis von den grossen Arbeiten, die von vielen Tausend Menschen durch längere Zeitperioden ausgeführt wurden. ... Zahlreiche Seifenhügel finden sich selbst im höchsten Gebirge bis nahe zum Ursprung der Bäche ...*“

In seinem Bericht ist auch eine detaillierte Beschreibung dieser Spuren einer Goldgewinnung enthalten: „*Die Seifenhügel selbst sind von verschiedener Größe, oft 10–20 Fuss hoch, und noch mehr, ohne regelmässige Ordnung neben einander geworfen; zwischen den einzelnen Hügeln grubenartige Vertiefungen. Sie bestehen aus Sand und Schotter, bisweilen scheint der feinere Sand vom gröberen Schotter sortiert. ... Viele dieser Hügel sind wohl längst wieder zu fruchtbaren Feldern ausgeebnet, viele ... sind mit hochstämmigem Fichtenwald oder hundertjährigen Erlen bewachsen, die meisten aber sind heute noch unfruchtbare Sand- und Steinhäufungen, wie sie, vor vielen Jahrhunderten ihres goldenen Inhalts beraubt, von den Goldwäschern verlassen worden sein mögen, die Gruben mit sumpfigem Morast ausgefüllt, die Hügel mit magerem Gras überwachsen, kaum zu dürftiger Hutweide dienend.*“

Von BAYBERGER (1886) und später von PRIEHÄUSSER (z. B. 1938) wurde versucht, die Seifenhügel als Beweis für eine Vergletscherung des Böhmerwaldes bzw. des Bayerischen Waldes bis in die Tallagen anzuführen, wobei diese Geländeformen als Grundmoränen oder Toteisformen gedeutet wurden. In Fachkreisen ist diese Deutung zugunsten einer anthropogenen Entstehung jeweils sehr bald als unhaltbar verworfen worden (vgl. MADEL et al. 1968: 52; HAUNER in diesem Band). PRIEHÄUSSER hat die vermeintlichen Glazialspuren im Bereich zwischen Zwiesel und Bayerisch Eisenstein nahezu lückenlos erfaßt. Seine Kartierung der glazialen und postglazialen Bildungen ist als Deckblatt zur Bodenkarte Blatt Zwiesel (BRUNNACKER 1965) erschienen. Detailbeschreibungen der Morphologie einzelner Grübenfelder liegen von PRIEHÄUSSER (1938) und KOPP (1974) vor. Die aufgeführten Arbeiten konnten für die Goldprospektion mit großem Nutzen verwendet werden.

### **3. Verbreitung der Bergbauspuren**

Im Gebiet zwischen Zwiesel und Bayerisch Eisenstein erfolgte eine detaillierte Erfassung und Kartierung aller Bergbauspuren, so daß eine eindeutige Abgrenzung der Relikte der Goldgewinnung von den ebenfalls nachweisbaren Quarz- und Sulfiderzschrüfen erfolgen konnte.

Im Untersuchungsgebiet treten zwei Formen des Goldabbaus auf. Den größten Anteil an den Goldbergbauspuren haben die sogenannten Seifenhügel, Spuren einer Gewinnung von Gold aus Bach- und Flußschottern (alluviale Goldanreiche-

rungen). Am Westabhang des Falkensteins konnte an vier Lokalitäten allerdings auch der Abbau goldhaltigen Verwitterungsmaterials im direkten Einzugsbereich der primären Vererzungen (eluviale Goldanreicherungen) nachgewiesen werden (MARTINEK & LEHRBERGER 1996).

Die Gesamtfläche der heute noch erkennbaren Goldbergbauspuren im genannten Gebiet beträgt grob geschätzt 700 000 m<sup>2</sup>. Rechnet man mit einer Jahresleistung der Materialbewegung eines Mannes von 500 m<sup>3</sup>, eine Menge die Pošepný (1895: 472) aufgrund von Erfahrungswerten der mit einfachsten Methoden arbeitenden Goldwäscher im Ural auch für die böhmischen Goldwäschchen angibt, so würde dieses bei der Annahme einer durchschnittlichen Tiefe von 2 m der Goldseifen, somit bei einer Gesamtmenge von 1 400 000 m<sup>3</sup> bewegten Materials, 2800 Jahresarbeitsleistungen eines Mannes ausmachen. Dies ist weniger als ein Prozent dessen, was Pošepný für ganz Böhmen errechnet hat. Die Goldvorkommen im Falkensteingebiet zählen dennoch zu den größten und ehemals wohl auch reichsten auf bayerischer Seite (LEHRBERGER & MARTINEK 1996). Nimmt man einen mittleren Goldgehalt von 0,1 Gramm je Tonne durchgewaschenen Schotters an, so ergibt sich für das Falkensteingebiet eine Produktion von etwa 300 kg Gold. Wahrscheinlich beuteten die ersten Goldwäscher jedoch wesentlich reichere Seifen aus, so daß die tatsächlich gewonnene Menge deutlich höher liegen kann.

Die im folgenden beschriebenen Spuren der Goldgewinnung sind in der Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes (Abb. 1) verzeichnet. Zur leichteren Zuordnung wurden die einzelnen Lokalitäten im Text und in der Karte durchnumiert.

### 3.1. Bereich Großer Regen

Bis Regenhütte hat der Fluß aufgrund der hohen Strömungsgeschwindigkeit nur an wenigen Stellen Schotter abgelagert. Diese kleinen Alluvialflächen zeigen zwar hügelige Morphologie, doch sind die Abbauspuren, sofern es welche waren, durch Hochwasserfluten stark verwaschen, so daß ohne weitere Untersuchungen keine genaueren Aussagen dazu gemacht werden können. Bei der Seebachschleife mündet der Geigen-(Arbersee-)Bach in den Großen Regen. Bereits Pošepný (1895: 247) erwähnt „an der Alluvialfläche unterhalb der Regenhütte von Goldsuchern durchwühlte Stellen“ und auch in der Nähe der Fabrik vor Ludwigsthal erkannte er Seifenhügelfelder. Er beschreibt weiterhin, daß er während einer Bahnfahrt zwischen Zwiesel und Bayerisch-Eisenstein entlang des gesamten Regens Seifenhügelfelder wahrgenommen habe.

#### Lok. 1: Bärnfilz

Unterhalb von Regenhütte weitet sich das Tal des Großen Regens und der Talboden ist mit Alluvionen angefüllt. Im Bereich des Bärnfilzes sind hier auf einer Länge von einem Kilometer z. T. beiderseits des Flußbettes die Seifenhügel sehr gut erhalten. Der Talboden ist an manchen Stellen in der gesamten Breite durchwühlt worden. Die Seifenhügel bedecken eine Fläche von etwa 120 000 m<sup>2</sup>. Schon Penck et al. (1887: 76 f.) beschrieben diese Spuren einer intensiven Goldwaschaktivität.

Die Formen der bis 2 m hohen Haufen und langgezogenen Hügel sind teilweise durch den Hochwassereinfluß verwaschen. Zur Zeit der Begehungen wurden in einem Teilbereich die Seifenhügel durch die Anlage von Fischteichen zerstört. KOPP (1974: 112 f.) beschreibt von hier einen Hügel, der auf einem Humushorizont aufgehäuft wurde, was eindeutig auf die anthropogene Entstehung hinweist. Im nordöstlichen Teil der Alluvialfläche ziehen die Abbauspuren den Hang hinauf. Dem Ausbau der Straße nach Bayerisch Eisenstein und vor allem der Anlage eines Rastplatzes fielen die Abbauspuren, die hier auf ein eluviales Goldvorkommen deuten, größtenteils zum Opfer.

#### Lok. 2: Rotfilz

Im Bereich des Rotfilzes, nahe der Einmündung des Großen Defferniks in den Großen Regen befindet sich auf einer Fläche von etwa 40 000 m<sup>2</sup> ein weiteres Seifenhügelfeld. Im Einzugsgebiet des Großen Defferniks liegen mindestens drei primäre Zonen mit Goldvererzung, so daß die zusätzliche Goldfracht dieses Baches sicherlich ein Anreiz für die Goldwäscher war, auch hier tätig zu werden. Das Rotfilz ist teilweise unter Naturschutz gestellt, die Seifenhügel liegen jedoch außerhalb dieses Gebietes.

#### Lok. 3: Rotau/Ludwigsthal

Bei Ludwigsthal mündet der Kolbersbach in den Großen Regen. Die Abbauspuren beginnen etwa auf Höhe des Eisenbahndamms mit kesselförmigen Abgrabungen von bis zu 20 m Durchmesser und 5 m Tiefe in den hier relativ hoch liegenden Schottern des Kolbersbaches. Auffällig sind die steilen Böschungswinkel der Gruben. In diesem Bereich tritt ein deutliches Materialdefizit auf. Die Aufbereitung der hier abgebauten Schotter erfolgte wohl am Kolbersbach oder am nahegelegenen Großen Regen. Weitere Abbauspuren in Form von Gruben und aufgeschütteten Hügeln erstrecken sich, unterbrochen durch die Straße, hinunter bis zum Großen Regen. Auf der anderen Seite des Flusses, im Bereich der Rotau sind ebenfalls Seifenhügel zu erkennen. Hier sind die Formen jedoch durch den Einfluß des Hochwassers verwaschen. Dieses Grübenfeld bedeckt insgesamt eine Fläche von rund 60 000 m<sup>2</sup>. Ein Teil der Seifenhügel wurde beim Bau eines Tennisplatzes zerstört.

#### Lok. 4: Theresienthal/Fürhaupten

Nördlich von Theresienthal, auf der den Glaserhäusern gegenüberliegenden Seite des Großen Regens befinden sich die Reste eines Grübenfeldes. Die ursprüngliche Ausdehnung wird aufgrund der Geländebefunde auf mindestens 50 000 m<sup>2</sup> geschätzt, davon sind heute noch etwa 12 000 m<sup>2</sup> erhalten. Der größere Teil ist durch Hochwasser zerstört oder für landwirtschaftliche Zwecke eingeebnet worden. Die noch erhaltenen Bereiche wurden bei der Errichtung des Gewerbegebietes Fürhaupten Nord als schutzwürdige montanarchäologische Bereiche im Bebauungsplan berücksichtigt.

Den besten Erhaltungszustand weisen die Abbauspuren im Wald auf (Abb. 2). In nordwestlicher Richtung von den Hügeln im Wald folgt eine wellige Wiese, die sich bis zu einer deutlichen Geländekante zieht. Die Kante stellt die Begrenzung des ehemaligen Goldabbaus dar.



Abb. 2. Seifenhügel im Wäldchen nahe dem Gewerbegebiet Fürhaupten Nord bei Theresienthal.

Im Gewerbegebiet Fürhaupten bestand bei Ausschachtungsarbeiten die Gelegenheit zur Beprobung tiefliegender Schotter des Großen Regens; so im Bereich des neu verlegten Kanals, eines Schachtes und eines Wasserleitungsgrabens. An beiden erstgenannten Stellen wurde der Schotterkörper mit Schlitzproben untersucht. Die optimalen Aufschlußverhältnisse erlaubten an drei Stellen die Aufnahme von Profilen, die in Abbildung 3 dargestellt sind. Der Kartenskizze ist die Lage der aufgenommenen Bodenprofile im Gewerbegebiet Fürhaupten Nord zu entnehmen.

Profil P1 wurde in der Kanalgrube im Ostteil des Gewerbegebietes aufgenommen. Unter einer 20–30 cm dicken Humusschicht folgt eine etwa 1 m mächtige, vermutlich limnische Ablagerung eines tonig-schluffigen Materials. Im Tiefenbereich von 1,3 bis 2,8 m ist der Schotterkörper des Großen Regens aufgeschlossen, darunter befindet sich sehr helles tonig-sandiges Zersatzmaterial, was auf ein in der Tiefe anstehendes granitähnliches Gestein schließen läßt. Im zweiten Profil (P2), das in einem Wasserleitungsgraben etwa 30 m östlich P1 aufgenommen wurde, treten die Schotter in einer Tiefe von 80 cm unter limnischen Sedimenten und einer Humusüberdeckung auf. Profil P3 schließlich wurde 250 m westlich von P2 in einem Schacht eingemessen. Hier ist unter dem Humus und den limnischen Sedimenten pleistozäne Fließerde vorhanden. Bis zum Wasserstand in 3,4 m Tiefe sind wiederum Schotter mit sehr gut gerundeten Komponenten bis 0,5 m Durchmesser aufgeschlossen. Die Fließerde besteht aus ungerundeten Gesteinsfragmenten bis 1 cm Größe und lockerem tonig-sandigem Bindemittel. Die Fließerde ist eine typische Erscheinung von Permafrostböden, sobald auch nur eine geringe Hangneigung vorhanden ist. Dies erklärt das Auftreten der Fließerde im leicht geneigten,

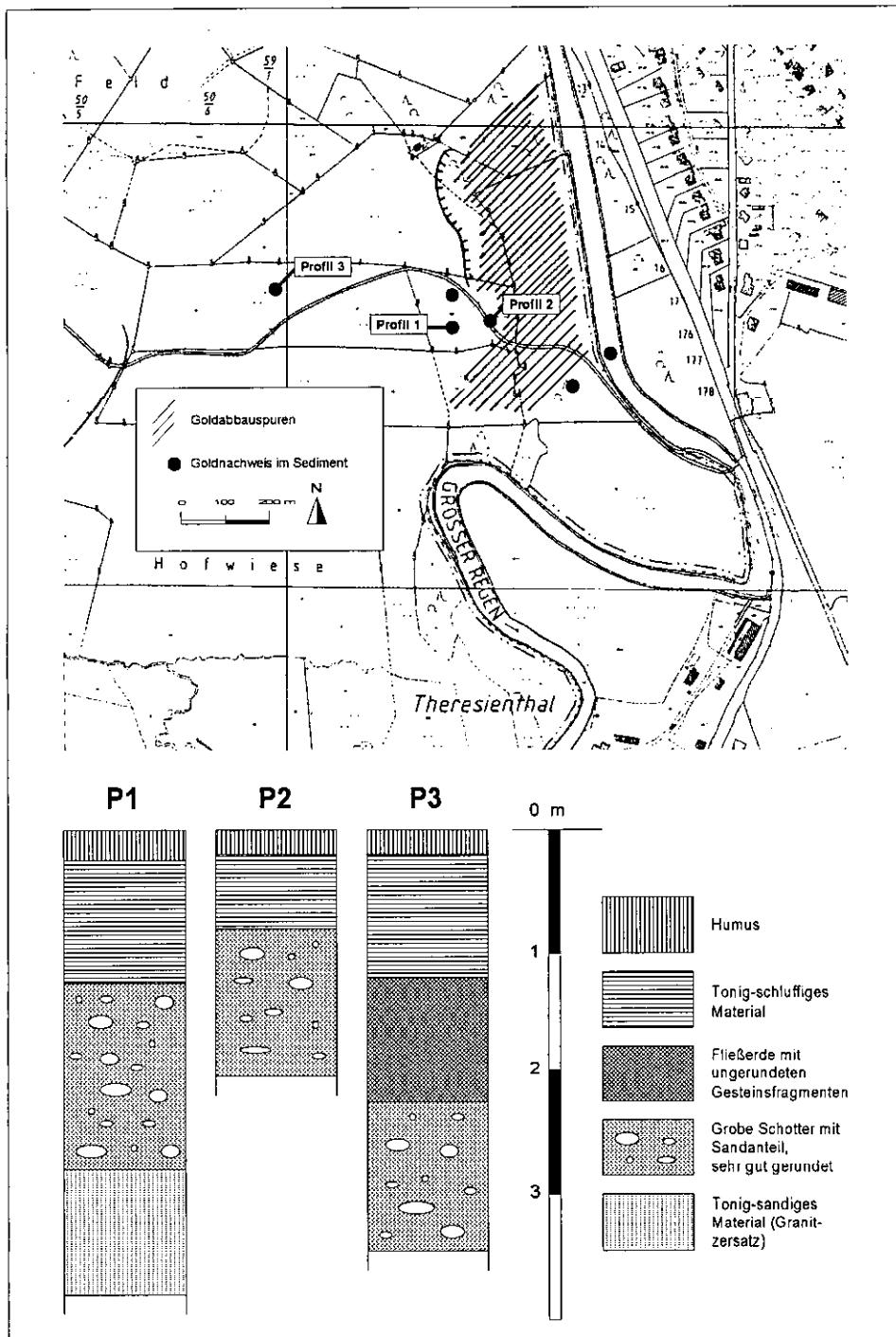


Abb. 3. Lage und Aufbau der im Bereich des Gewerbegebietes Fürhaupten Nord aufgenommenen Profile und Position der Probenpunkte (mit Angaben zum Goldnachweis).

hangnahen Bereich (Profil P3), wohingegen diese Ablagerung im in Talmitte gelegenen, ebenen Gelände (Profilen P1 und P2) fehlt. Diese neuen Aufnahmen stehen in völligem Widerspruch zu Angaben von PRIEHÄUSSER (1965: 99), der im gleichen Bereich über dem Zersatz des anstehenden Gesteins bis zu vier Grundmoräenschichten (Priehäussers Firneisgrundschutt) abwechselnd mit Flußschotter, Sanden und Lößlehmschichten erkannt haben will.

#### Lok. 5: Zwiesel

Auch im Stadtgebiet von Zwiesel wurde einst aus Schottern des Regentals Gold gewaschen. In einem Katasterplan aus dem Jahr 1885 (Stadtarchiv Zwiesel: A II, 24, 59) ist der Bereich des heutigen Stadtparks mit Gruben bezeichnet und das östlich daran angrenzende Gelände mit Grubenwiesen. In einem Situationsplan aus der selben Zeit (Stadtarchiv Zwiesel: A II, 11, 32) werden diese Gruben als Vertiefungen, Hügel und Sümpfe beschrieben. Die Größe dieses Grubenfeldes betrug nach Auswertung der vorliegenden Karten Ende des 19. Jahrhunderts noch ca. 5000 m<sup>2</sup>. Diese Seifenhügel waren es wohl auch, die AKSTALLER (1870) veranlaßten in seinen Beiträgen zur Geschichte des Marktes Zwiesel zu schreiben: „*Dieser Ort verdankt seine Entstehung den Goldwäschern, die sich einst da mit Goldsandreinigen beschäftigten und einige Hütten bauten. Noch jetzt gibt es kleine Sandhügel, welche als Ueberbleibsel von Goldwäschern erscheinen.*“

Einige Orte im Böhmerwald, wie z. B. Písek und Sušice (Schüttenthalhofen) sollen Gründungen von Goldwäschern sein (POŠEPNÝ 1895: 429); es ist also nicht abwegig, dies in Anbetracht der zahlreichen Spuren früherer Goldwaschaktivität in der ganzen Gegend auch für Zwiesel zu vermuten (vgl. GRUEBER & MÜLLER 1846: 191). Die Gruben als wichtige Zeugnisse der Vergangenheit Zwiesels existieren heute jedoch nicht mehr. Bei der Anlage des Stadtparks durch den Verschönerungsverein Zwiesel seit 1885 wurden sie beseitigt. Heute erinnert nur mehr das Hotel-Restaurant „Zum Goldwässcher“ an die Vergangenheit dieses Ortes.

### 3.2. Bereich Großer Deffernik

#### Lok. 6: Erlhütte

Entlang des Großen Deffernik treten Seifenhügel im Bereich der Waldabteilung Erlhütte auf und bedecken hier eine Fläche von etwa 20 000 m<sup>2</sup>. In diesem Bereich wurde zur Zeit der Probenahme ein Teich angelegt, dem einige der Abbauspuren zum Opfer fielen. An den dabei entstandenen Aufschlüssen konnte man erkennen, daß die Seifenhügel ausschließlich aus sehr gut gerundetem Schottermaterial aufgebaut sind.

#### Lok. 7: Sandau

Die Sandau befindet sich etwa 1 km westlich von Zwieslerwaldhaus. In diesem Bereich treten entlang des Großen Deffernik auf einer Fläche von ca. 35 000 m<sup>2</sup> zahlreiche Abgrabungen und große Seifenhügel auf. Ein Teil der alten Abbauspuren ist durch die im 19. Jahrhundert erfolgte Flußregulierung beeinträchtigt, einige der parallel zum Bach verlaufenden, aufgeschütteten Hügel sind sicherlich beim Bau des Triftkanals entstanden. Aber die z. T. mehr als 50 m vom Bachbett entfernt gelegenen Hügel belegen, daß hier auch Gold gewaschen wurde.

### Lok. 8: Wolfsgruben/Schmalzau

Dieses etwa 75 000 m<sup>2</sup> große Seifenbügelfeld befindet sich zwischen den Einmündungen des Großen Steinbachs und des Schmalzbachs in den Großen Deffernik. Die Hügel sind relativ niedrig, was z. T. sicherlich auf die Wirkung von Hochwasser zurückzuführen ist. Der nördliche Teil dieses Grübenfeldes trägt heute noch die Flurbezeichnung Wolfsgruben.

### 3.3. Bereich Schmalzbach

#### Lok. 9: Schwellhäusl

Etwa 150 m südlich des Schwellhäusls sind im Bereich der Schwellhäng, 15 bis 20 m über dem Bachbett tiefe Abbauspuren im Gelände zu erkennen. Die Abgrabungen befinden sich vollständig im Verwitterungsschutt von Cordieritgneisen. Hier war, wie auch die mikroskopischen Untersuchungen an den Goldproben zeigen (Abschnitt 4.3), eine eluviale Goldanreicherung im unmittelbaren Bereich der primären Vererzung Ziel des Abbaus.

#### Lok. 10: Schmalzbach

Entlang des Schmalzbachs, von der Mündung bis zum eluvialen Goldvorkommen südlich des Schwellhäusls, treten immer wieder deutliche Abbauspuren auf. Die ehemaligen Abgrabungen und Halden sind jedoch größtenteils bei der Anlage des Triftkanals und beim Straßenbau zerstört worden. Am besten erhalten sind die Spuren einstiger Goldwaschtätigkeit am Schmalzbach etwa 750 bis 1000 m südlich des Schwellhäusls. Sie bedecken hier eine Fläche von etwa 20 000 m<sup>2</sup>. Auf Höhe des eluvialen Goldvorkommens hören die Abbauspuren im Bereich des Bachbetts plötzlich auf. Die unebene, wellige Wiese zwischen Bach und Forststraße unterhalb der Gruben im Verwitterungsschutt (Lok. 9) lässt die eingeebneten Abbauspuren noch erahnen.

### 3.4. Bereich Geiselbach

#### Lok. 11: Geiselbach

Am Unterlauf des Geiselbaches befindet sich ein kleines Areal von etwa 5000 m<sup>2</sup> mit gut erhaltenen, bis 2 m hohen Seifenbügeln. In 632 m Höhe mündet ein Zufluss in den Geiselbach, an dem sich beiderseits zahlreiche Abgrabungen im Verwitterungsschutt befinden (eluviales Goldvorkommen).

### 3.5. Bereich Kolbersbach und Zuflüsse

Der Ostteil des Falkensteinmassivs wird vom Großen und Kleinen Höllbach sowie vom Kleinen Deffernik entwässert. Der Kleine Höllbach fließt in den Großen Höllbach, in den bei der Schwarzen Brücke auch der Kleine Deffernik mündet. Etwas oberhalb der Weißen Brücke vereinigen sich der Große Höllbach und der Vorderscheuereckbach zum Kolbersbach.

Etwas unterhalb der Schwarzen Brücke, dort wo das Gefälle der von Norden kommenden Bäche stark abgenommen hat und sich das W-E-verlaufende weite



Abb. 4. Seifenbügel in der Rannenau.

Tal des Kolbersbachs öffnet, befinden sich in den Schottern die größten und teilweise auch schönsten Zeugnisse der historischen Goldwaschaktivität im Gebiet zwischen Zwiesel und Bayerisch Eisenstein. Die nähere Beschreibung dieser Grubenfelder erfolgt bei Lok. 12 bis Lok. 15.

Am Oberlauf des Kleinen Defferniks befindet sich eine Quellfassung, die den Namen Goldquelle trägt. Weder im Bereich der Quelle noch im gesamten Gebiet oberhalb der Schwarzen Brücke gibt es Abbauspuren, die auf eine ehemalige Goldgewinnung hinweisen würden. Das relativ steile Gefälle der Bäche und damit verbunden die kaum vorhandenen Schotterablagerungen hatten hier wohl die Bildung von abbauwürdigen Goldanreicherungen verhindert.

An dieser Stelle sollen kurz anthropogene Geländeformen Erwähnung finden, die auf den ersten Blick mit bergmännischen Abbauspuren verwechselt werden könnten. Als man Ende des 18. und im frühen 19. Jahrhundert die Holznutzung intensivierte, wurden im Falkensteingebiet zahlreiche Staubecken, sogenannte Schwellen, angelegt und die Bäche kanalisiert und verbaut. Die heute noch erkennbaren, gravierenden Umgestaltungen der Landschaft im Zusammenhang mit der Holzdrift fanden überwiegend in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts statt. Der teilweise unnatürlich gerade Verlauf des Kolbersbaches geht auf ebensolche Arbeiten zurück, ursprünglich mäandrierte dieser Bach im ebenen Tal. Entlang der kanalisierten Bäche im Falkensteingebiet treten Hügelformen in z.T. unterschiedlicher Form auf; es handelt sich dabei um Aushubmaterial des Kanalbaus. Auf den ersten Blick ist eine Verwechslung mit Seifenbügeln möglich. Auch

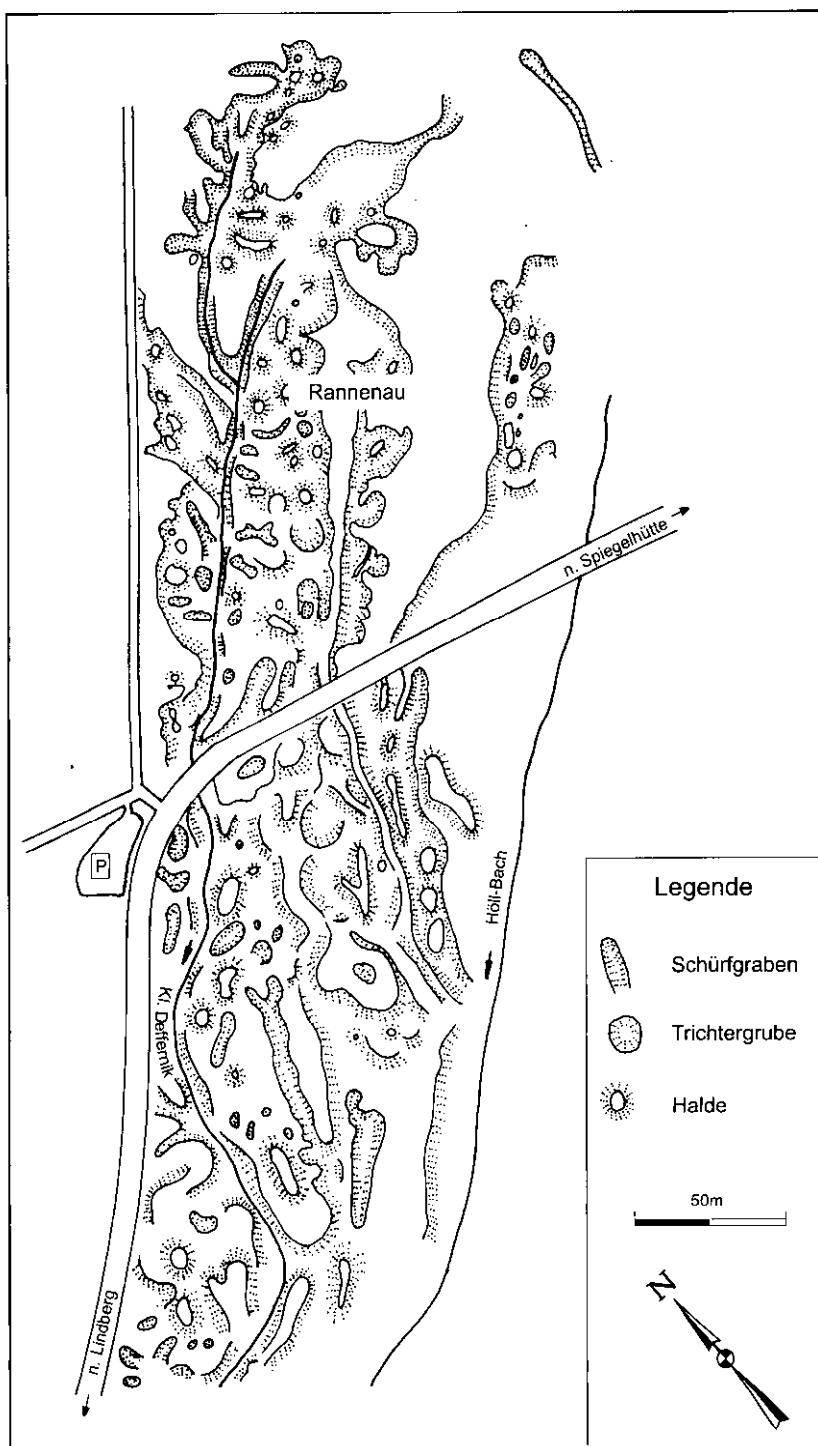


Abb. 5. Grübenfeld in der Rannenau (nach PRIEHÄUSSER 1938 und PREINFALK 1986).

trocken gefallene Mäander können Abbauspuren vortäuschen. Dies wurde jeweils bei der Erfassung und Beschreibung der Goldabbauspuren berücksichtigt.

#### Lok. 12: Rannenau

Etwa 300 m südwestlich der Weißen Brücke, in der Rannenau, befindet sich ein ursprünglich mindestens 60 000 m<sup>2</sup> großes Abaugebiet mit z. T. mustergültig erhaltenen Seifen hügeln (Abb. 4). In der Nähe des Höllbachs sind die Spuren durch zeitweise Überflutung bereits stark verwaschen. Abgebaut wurde hier das gut gerundete Schottermaterial bis in eine Tiefe von 5 m unter die Geländeoberkante. Im oberen Teil der Bergbauspuren ist ein deutliches Materialdefizit zu beobachten. Gerade wegen der guten Erhaltung sind hier auch zahlreiche eindeutige Hinweise auf eine anthropogene Entstehung dieser Hügellandschaft vorhanden, so z. B. die steilen Böschungswinkel, Haufen mit eindeutig nach Korngrößen sortiertem Material, aufgeschichtete Steine, geringe Humusüberdeckung. KOPP (1974: 104 ff.) beschreibt dieses Grubenfeld und die Belege einer anthropogenen Entstehung sehr ausführlich. Eine Kartierung dieser Geländeformen erfolgte bereits von PRIEHÄUSSER (1938: 104), wobei dieser von einer natürlichen Entstehung während der Eiszeit überzeugt war. Seine Skizze zeigt sehr schön die kesselförmigen Abgrabungen und die unregelmäßig fingerartig in das Gelände eingreifenden Schurfgräben, die in einem System von Rinnen münden und sich dann im wesentlichen in zwei Hauptgräben vereinigen (Abb. 5).

#### Lok. 13: Gschwend

300 m unterhalb der Weißen Brücke beginnt das flächenmäßig größte Grubenfeld im Untersuchungsgebiet. Eine erste Erwähnung und Kartierung erfolgte durch PRIEHÄUSSER (1938: 105), eine neuere Aufnahme wurde von KOPP (1974: 110 ff.) durchgeführt.

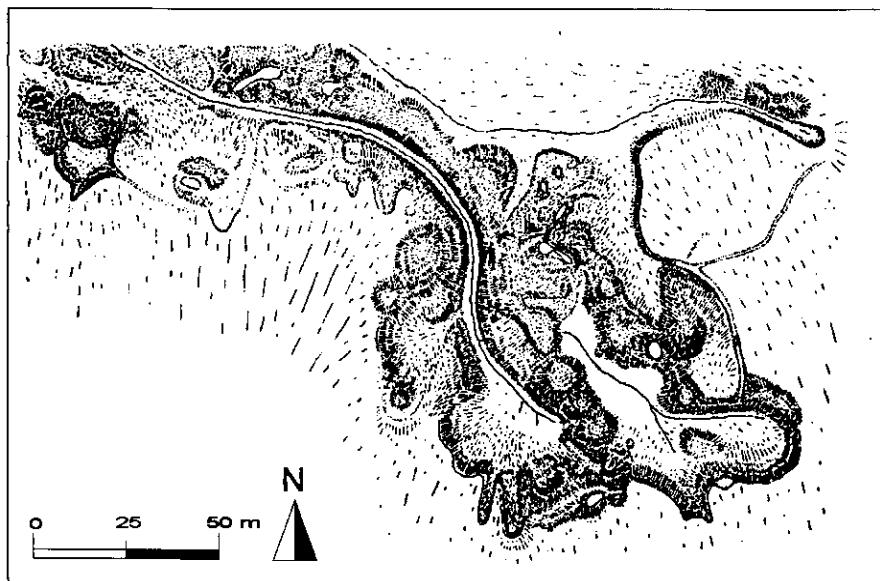


Abb. 6. Abbauspuren in der Forstabteilung Gschwend (nach PRIEHÄUSSER 1938: 105).

Direkt unterhalb des Steilabfalles einer hier relativ hochgelegenen Schotterterrasse des Kolbersbaches zum heutigen Talniveau befinden sich trichterförmige Abbaustellen mit einem Durchmesser von 20 bis 30 m, die in ein System von Gräben münden (Abb. 6). Die Eintiefung der Schürflöcher und Gräben beträgt bis zu zehn Meter. Das zu beobachtende Materialdefizit in diesem Bereich deutet darauf, daß die Aufbereitung der hier abgebauten Schottermengen an anderer Stelle, wohl am etwa 70 m entfernten Kolbersbach erfolgte. Auffallend in der Forstabteilung Gschwend ist ebenfalls eine geringe Humusüberdeckung und eindeutig sortiertes Material im Bereich der Bergauspuren.

#### Lok. 14: Grüben

Zusammen mit den Abbauspuren in der Forstabteilung Gschwend bilden die Lokalität Grüben ein mindestens 170 000 m<sup>2</sup> großes Areal, in welchem die Schotterablagerungen des Kolbersbaches von den Goldwäschnern intensiv durchgegraben wurden. Die durchschnittlich 2 m hohen, meist langgezogenen Seifen hügel bedecken in mehr oder weniger guter Erhaltung den gesamten Talboden auf eine Länge von etwa 900 m bei einer Breite von mehr als 200 m. Weiter westlich wurde der Wald abgeholt und das Gelände landwirtschaftlich genutzt. Es ist sehr wahrscheinlich, daß auch hier Spuren der Goldgewinnung vorhanden waren, die heute eingeebnet sind.

#### Lok. 15: Goldwiese

Nach Auskunft von Frau Kaufmann aus Lindbergmühle trägt ein Teil der sogenannten Herbstwiese den Namen Goldwiese. Dem Anschein der welligen und morastigen Wiese nach, könnten hier früher Seifen hügel gewesen sein. Die Lokalitätsbezeichnung steht jedoch wahrscheinlich in Zusammenhang mit Vorgängen, die sich zu Beginn dieses Jahrhunderts hier ereigneten. Nach den Unterlagen im Hauptstaatsarchiv München (Signatur: Oberbergamt, Abgabe des Staatsarchivs München, Nr. 267) befand sich in diesem Bereich der Schurfschacht der Luitpoldzeche, einem 1911 vom Oberbergamt in München verliehenen Goldbergbau. Bei der vorhergehenden Untersuchung und Beprobung durch die Mitarbeiter des Oberbergamtes wurde ein Profil des Schachtes aufgenommen: Unter einer 30 cm starken Humusschicht lagen bis in eine Tiefe von 2,5 m Sand und Schotter, darunter lehmiger Sand. Aus dem unteren Meter des Schotterprofils wurde etwa 1 Tonne Material entnommen, zunächst auf einem „Gefluder mit Querleisten“ (Waschrinne, Sluice Box) angereichert und das Konzentrat dann in einer Pfanne verwaschen. Die Wägung der ausgewaschenen Probe ergab 1,83 g Gold, eine Menge, die dem Oberbergamt für die Verleihung eines Goldbergbaus ausreichend erschien. Da jedoch kein Abbau stattfand, wurde die Verleihung 1922 wieder aufgehoben.

Die Goldprobe befindet sich heute in der Sammlung des Geologischen Landesamtes (Abb. 7). Auffallend ist die für bayerische und böhmische Vorkommen ungewöhnliche Korngröße des Goldes von 2 bis 5 mm. Im direkten Vergleich mit dem relativ grobkörnigen Gold von Fürhaupten ist die deutlich hellere Farbe des angeblichen Goldes aus der Luitpoldzeche bemerkenswert. Profilmessungen an polierten Körnern ergaben einen mittleren Silbergehalt von 18 %. Bei den etwa 100 analysierten Goldkörnern aus dem Falkensteingebiet (siehe Abschnitt 4.4 und MARTINEK & LEHRBERGER 1996) fand sich kein einziges mit vergleichbaren Eigen-

schaften. Die Vermutung, daß die Mitarbeiter des Oberbergamtes mit ortsfremdem Gold getäuscht wurden, ist naheliegend. Eine Bestätigung für diesen Verdacht ist das Ergebnis einer im Jahr 1932 von anderer Seite nochmals durchgeführten Untersuchung des Vorkommens. Die aus einem 3 m tiefen Schacht gewonnene Probe enthielt lediglich einen 2 mm großen Goldflitter (SEYFERT 1978).



Abb. 7. Angebliche Goldprobe von der Luitpoldzeche bei Lindbergmühle.  
(Mit freundlicher Genehmigung des BGLA. Foto: E. GEISS).

### **3.6. Bereich Schleicherbach**

#### **Lok. 16: Schleicherbach**

Die Bergbauspuren beginnen etwa in 630 m Höhe mit Abgrabungen im Hangschutt (eluviales Vorkommen), hangabwärts ist der gesamte Waldboden umgegraben und zu bis 2 m hohen Hügeln aufgeschüttet. Die Abbaue ziehen sich bis zum Bach hinab und sind von da an bis zum Waldrand beim Weiler Schleicher fast ununterbrochen zu erkennen. Die umgegrabene Fläche wird auf mindestens 75 000 m<sup>2</sup> geschätzt.

### **3.7. Sonstige Goldbergbauspuren**

#### **Lok. 17: Ahorn-Bachl**

Die Bergbauspuren am Ahorn-Bachl liegen nordwestlich von Zwiesel am oberen Ende eines eingezäunten Zeltplatzes. Dieses Grünfeld ist heute nicht mehr in der Form und Größe erhalten, die KOPP (1974: 119 f.) beschrieben hat. Bei der Anlage des Campingplatzes wurden wohl einige Bergbauspuren zerstört, die erhaltenen Seifenhügel sind bis 1,5 m hoch.

### Lok. 18: Kühau

In der Kühau befinden sich in den relativ hochgelegene Schotterablagerungen des Kleinen Regens mehrere wattenförmige Abgrabungen mit anschließenden Abflußrinnen (Abb. 8). Eine deutliche Goldführung im Sediment weist auch hier auf einen ehemaligen Goldabbau hin. Dieses „Grübenfeld“ wird von PRIEHÄUSSER (1938: 110) als Abschmelzkessel von Toteis gedeutet. Zusammen mit dem nachfolgend beschriebenen Pommerbach könnte sich die Angabe von GRUEBER & MÜLLER (1846: 191) über die frühe Besiedlung der Umgebung von Frauenau durch Goldwäscher auf diese Lokalitäten am Kleinen Regen beziehen.

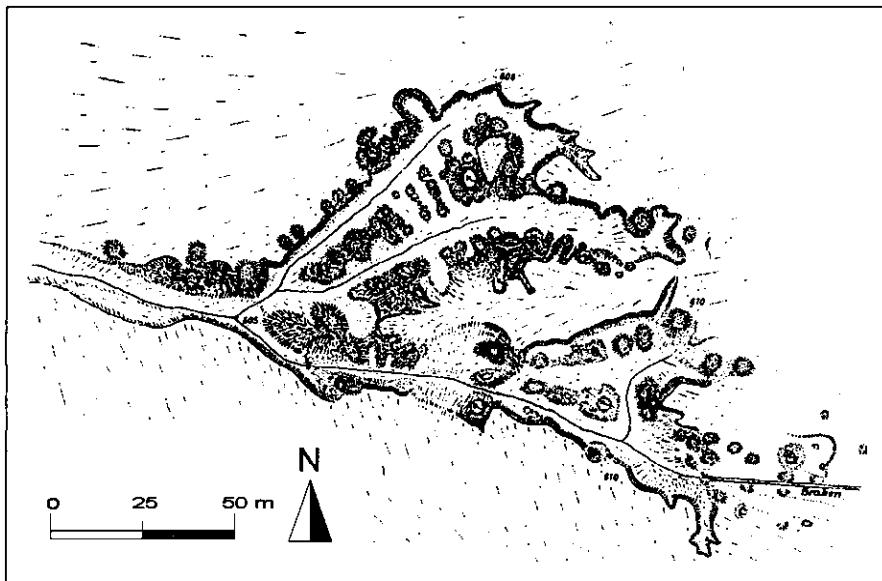


Abb. 8. Die Bergbauspuren in der Kühau (nach PRIEHÄUSSER 1938).

### Lok. 19: Pommer-Bach

Am Unterlauf des Pommer-Bachs hat PRIEHÄUSSER (1938: 103) ein Grübenfeld kartiert, das eine Erstreckung in NW–SE-Richtung von etwa 250 m Länge und etwa 50 m Breite aufweist. An der Mündung des Pommer-Baches in den Schwarzen Regen tritt eine langgezogene Rinne auf, die beidseitig von Wällen begleitet wird. Bachaufwärts, in Richtung Nordosten, verbreitert sich die Abbauspuren und bestehen dort aus zahlreichen Haldenhügeln und trichterförmigen Schürflöchern. Diese rundlichen Vertiefungen sind durch Gräben mit einer Hauptrinne verbunden. Nach Nordosten schließt sich ein kleineres Grübenfeld an, das allerdings schwächere Geländeformen aufweist. Es besteht im wesentlichen aus quer zum heutigen Bachbett verlaufenden Schürfgräben.

### Lok. 20: Schwarzachmündung

Pošepný (1895) erwähnt erstmals die „Seifenpingen unterhalb der Sägemühle vor Zwiesel“. Gegenüber der Schwarzachmündung in den Schwarzen Regen be-

finden sich nach KOPP (1974: 120 ff.) drei Schotterhügel, von denen der größte eine Länge von 60 m und eine Höhe von 4 m hat. Dieses Grübenfeld liegt mit 540 m Höhe relativ tief und spielte für PRIEHÄSSER (1938: 107) eine wichtige Rolle bei der (Fehl-)Interpretation der Ausdehnung der Gletscher des Bayerischen Waldes. Diese Schotterhügel werden auch von MADEL et al. (1968) erwähnt.

## 4. Probenahme und Auswertung

### 4.1. Bachsedimentprospektion

Das Gebiet mit den ausgedehntesten Spuren früherer Goldwaschaktivitäten am Gr. Falkenstein wurde besonders detailliert beprobt, um die Herkunft des Seifengoldes zu klären. Insgesamt wurden 47 Bachsedimentproben mit einem Gesamtgewicht von rund 4000 kg entnommen und daraus Schwermineralkonzentrate hergestellt. Die schrittweise Aufbereitung der Proben im Gelände und später im Labor wird ausführlich von LEHRBERGER in diesem Band behandelt.

Die meisten Proben mußten in den rezenten Ablagerungen der Bäche und Flüsse genommen werden. Dabei wurde bis in eine Tiefe von etwa 0,5 m Material ausgehoben und als Probe verwendet. Die Morphologie der Abbauspuren im gesamten Arbeitsgebiet deutet jedoch auf eine durchschnittliche Abbautiefe von 2 m bei der historischen Goldgewinnung. Es ist naheliegend zu vermuten, daß in dieser Tiefe eine besonders starke Goldanreicherung vorhanden war. Daher wurden nach Möglichkeit auch tiefer liegende, alte Ablagerungen beprobt. Durch die Erschließungsmaßnahmen für das Gewerbegebiet Fürhaupten nördlich Zwiesel war es möglich, aus einem von den Goldwäschern noch nicht durchgegrabenen Schotterkörper in einer Tiefe von etwa 2 m Proben zu nehmen.

### 4.2. Schwermineralbestand und Goldführung

Wie bereits die relativ einheitliche Geologie im Einzugsgebiet der beprobteten Bäche vermuten läßt, zeigen auch die Schwermineralkonzentrate keine größeren Variationen in ihrer Zusammensetzung. Stets nachweisbar sind Granat in hellrosa gefärbten Kristallfragmenten mit muscheligen Bruchflächen, Zirkon in typischer Form farblos durchsichtiger, langprismatisch idiomorpher Kristalle mit hoher Lichtbrechung und Monazit in gut gerundeten, gelblichen Körnern. Magnetit tritt in jedem Schwermineralkonzentrat in idiomorphen Kristallen bzw. Bruchstücken davon auf. Ein deutlich erhöhter Gehalt findet sich in Bächen mit Biotit-Plagioklas-Gneisen im Einzugsgebiet. Als Lieferanten für größere Mengen Magnetit kommen auch die Kalksilikatgesteine in Frage, die als Einschaltungen in den Gneisen verbreitet sind. Ilmenit wurde in allen Schwermineralkonzentraten in Form hypidiomorpher Körner nachgewiesen.

In deutlich geringerer Menge und auch nicht in jeder Probe fanden sich Rutil in schwarzen, sehr gut gerundeten Körnern, Hercynit in hellgrünen Kristallbruchstücken und Gahnit in dunkelblaugrünen Kristallbruchstücken. Letzterer tritt im Einzugsbereich der Sulfidvererzung am Rotkot auf, wobei er mit Pyrit vergesellschaftet sein kann.

Gold ist unter den Schwermineralen das einzige Wertmineral im Arbeitsgebiet. Sein häufiges Auftreten, in z.T. hoher Anreicherung, war Grund für die rege

Goldwaschaktivität zu früheren Zeiten. Die Größe der aus den Bachsedimentproben separierten Goldkörner liegt meist im Bereich von 0,1 bis 0,5 mm. Das größte gefundene Korn hat eine Länge von etwa 5 mm. Fast alle Goldkörner größer 0,5 mm sind stark geplättet und stammen aus den alten Schotterablagerungen des Großen Regens (Abb. 9). Das Gold aus den rezenten Flußablagerungen ist normalerweise wesentlich feinkörniger.



Abb. 9. Gold aus alten Schotterablagerungen des Großen Regens nördlich Zwiesel (Sammlung G. Steyer). Bildbreite 20 mm.

Der Nachweis von Gold amalgam in den Bachsedimentproben ist ein Beleg für die Verwendung von Quecksilber zur Goldseparation durch die Goldwäscher im Falkensteingebiet. So konnten im Kolbersbach und am eluvialen Goldvorkommen am Schwellhäusl (Lok. 9) Goldkörner gefunden werden, die von einer silberfarbenen Amalgamschicht überzogen sind.

Löllingit konnte in einer Probe aus dem Kolbersbach in Form eines xenomorphen Kristallbruchstückes nachgewiesen werden. Dieses Erzmineral gehört zur Mineralparagenese der Goldvererzung im Falkensteingebiet.

In den aus rezenten Ablagerungen gewonnenen Schwermineralkonzentraten wurden teilweise bis 1 mm große Kugelchen gefunden, die äußerlich aus Eisenoxid bestehen (EDX-Messung). Diese Schmelzkugelchen beschreiben auch LEHRBERGER et al. (1988: 125) aus Schwermineralkonzentraten des Oberpfälzer Waldes und führen ihre Entstehung auf Schmiedefeuer und Schmelzöfen des alten Bergbaus zurück. In mehreren Proben wurde metallisches Zinn mit wechselnden Anteilen von Kupfer und Silber gefunden. Es handelt sich hierbei wahrscheinlich ebenfalls um ein anthropogenes Produkt.

### 4.3. Morphologie des Seifengoldes

Gold ist sehr duktil, daher reagiert es auf die mechanische Beanspruchung beim Transport im Bachsediment mit Deformation. Der Grad der Deformation ist einerseits abhängig von der Dauer der Beanspruchung, dem entspricht die Transportweite, und zum anderen von der Stärke der Beanspruchung, entsprechend der Transportgeschwindigkeit. Die Untersuchungen zur Morphologie der aus den Proben separierten Goldkörner erfolgten mit dem Rasterelektronenmikroskop (REM).

Im untersuchten Gebiet ist, ausgehend von den nachgewiesenen oder vermuteten eluvialen Goldvorkommen mit einer maximalen Transportentfernung von etwa 15 km zu rechnen. Die in einem Bereich gewonnenen Erkenntnisse zur entfernungsabhängigen Deformation können aber wegen der unterschiedlichen Gefälle der Bäche nicht auf andere Bereiche übertragen werden. Es können also nur qualitative Aussagen zur Distanz von der Primärvererzung gemacht werden. Die entsprechenden Ergebnisse der Untersuchungen sind in Tabelle 1 dargestellt.

*Tabelle 1:* Entfernung zur Primärvererzung in Abhängigkeit vom Deformationsgrad der Goldkörner im Raum Zwiesel-Bayerisch Eisenstein

Deformationsgrad	Morphologische Merkmale	Entfernung von der Primärvererzung
I keine Deformation	unregelmäßige, gezackte Form ehemalige Verwachsungsstrukturen erkennbar scharfe Kanten	eluviales Goldvorkommen im Bereich der Primärvererzung kein wesentlicher Transport
II geringe Devormation	Kanten gerundet Oberflächenrelief verringert einzelne Kratzer	alluviales Goldvorkommen geringe Transportweite wenige km
III starke Deformation	deutliche Verrundung deutliche Plättung ursprüngliche Oberflächenstruktur verwischt	alluviales Goldvorkommen große Transportweite viele km

Bei der Suche nach der primären Goldvererzung im Falkensteingebiet haben die eluvialen Goldvorkommen eine große Bedeutung. Die Primärvererzung ist, je nach Hanglage des eluvialen Vorkommens, direkt darunter im verwitterten Gneis oder etwas hangaufwärts zu vermuten.

Erste Hinweise auf ein eluviales Goldvorkommen liefern solche Abbauspuren der Goldwäscher, die nicht in den Schotterablagerungen der Bäche, sondern im Verwitterungsschutt auftreten, wie sie oberhalb des Bärenfilzes (Lok. 1), beim Schwellhäusl (Lok. 9), am Geiselbach (Lok. 11) und am Schleicherbach (Lok. 16) nachgewiesen werden konnten. Ein weiterer Hinweis ist die Morphologie der Goldkörner (Tab. 1). Die Abbildung 10 zeigt ein filigranes Goldkorn von dem eluvialen Goldvorkommen beim Schwellhäusl, am Oberlauf des Schmalzbachs. Vom gleichen Fundort stammt auch das Goldkorn in Abbildung 11-A.

Bereits nach einem kurzen Transport werden die Goldkörner deutlich deformiert. Die Kanten sind abgerundet, eine ursprünglich stark ausgeprägte Oberflächenstrukturierung ist zwar immer noch erkennbar, jedoch nur mehr in abge-

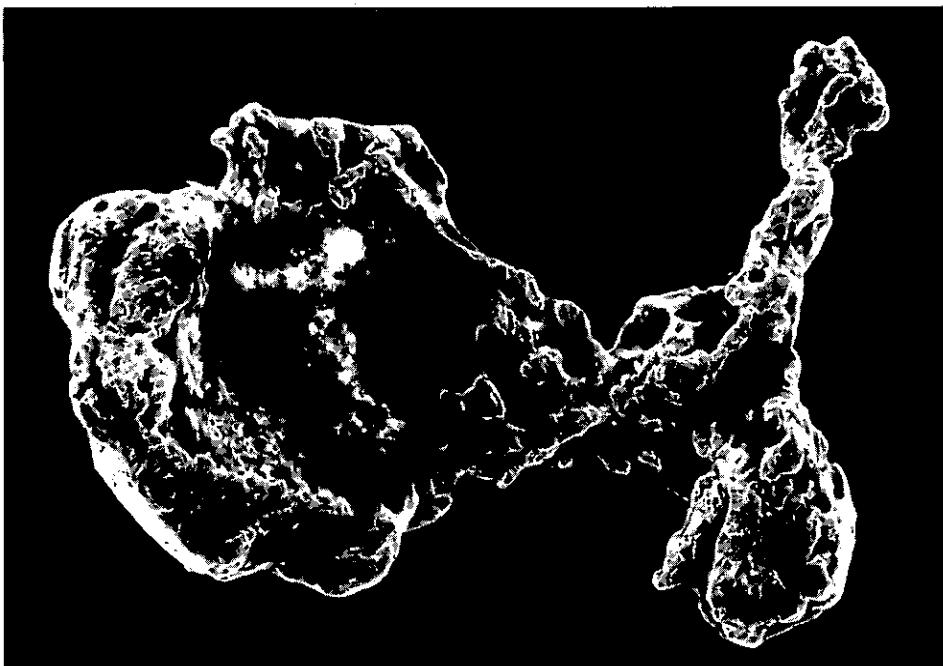


Abb. 10. Undefiniertes, filigranes Goldkorn vom Goldvorkommen Schwellhäusl (Lok. 9).  
REM-Foto, Bildbreite 0,28 mm.

schwächter Form, und Kratzer zeugen von der abrasiven Wirkung der wesentlich härteren anderen Komponenten des Bachsediments. Abbildung 11-B zeigt den Deformationseffekt beim fluviatilen Transport von etwa 2 km bei geringem Gefälle. Die stärkste Deformation wurde an dem Seifengold aus dem Schotterkörper des Großen Regens bei Theresienthal beobachtet (Abb. 11-C): Die Oberfläche ist weitgehend geglättet, ursprüngliche Oberflächenstrukturen sind völlig verwischt. Das Goldkorn hat eine plattige, z. T. ausgewalzte Form angenommen.

Charakteristisch für das untersuchte Goldvorkommen ist das häufige Auftreten schwammartiger Goldkörner (Abb. 12). Im polierten Anschliff des Korns aus Abbildung 12 erkennt man, daß die löchrige poröse Struktur der Oberfläche auch im Inneren auftritt (Abb. 13). Bei diesen Formen handelt es sich um Relikte einer myrmekitischen Verwachsung von Gold und Bismut (LEHRBERGER et al. 1990: 164; MARTINEK & LEHRBERGER 1993). Bismut ist im Verwitterungsbereich instabil und löst sich auf. Die Au-Bi-Myrmekite entstehen durch Zerfall der intermetallischen Verbindung Maldonit ( $Au_2Bi$ ), wie bereits RAMDOHR (1953: 5) am Material der Typlokalität beobachten konnte.

#### 4.4. Internstruktur und chemische Zusammensetzung des Goldes

Parallel zu den Untersuchungen zur Morphologie der Goldkörner wurde auch deren Oberflächenzusammensetzung gemessen. Die Analytik erfolgte mit einer mit dem Rasterelektronenmikroskop (Typ JSM-35 C der Firma JEOL) verbundene energiedispersive Röntgenmikroanalytik.

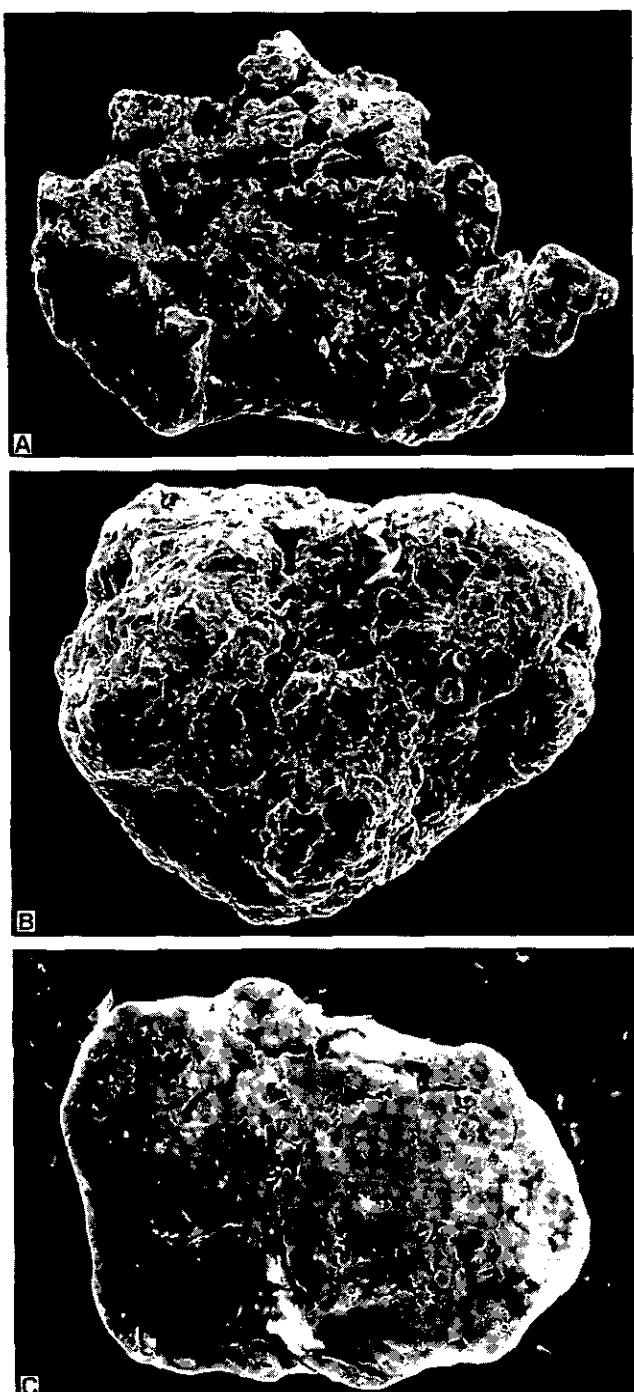


Abb. 11-A. Undeformiertes Goldkorn aus einem eluvialen Vorkommen Schwellhäusl (Lok. 9).  
REM-Foto, Bildbreite 0,36 mm.

Abb. 11-B. Mäßig deformiertes Goldkorn nach einem Transport von etwa 2 km im Schmalzbach  
(Lok. 10). REM-Foto, Bildbreite 0,43 mm.

Abb. 11-C. Stark gerundetes, geplättetes Goldkorn aus dem Schotter des Gr. Regen bei  
Theresienthal (Lok. 4). REM-Foto, Bildbreite 0,5 mm.

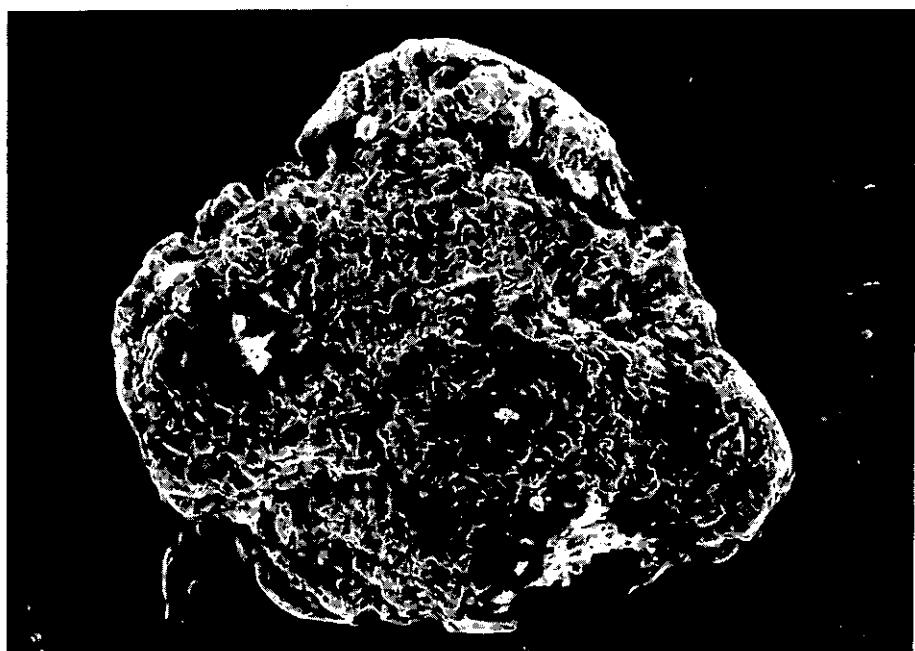


Abb. 12. Goldkorn mit schwammiger Struktur vom Geiselbach. REM-Foto, Bildbreite 0,69 mm.

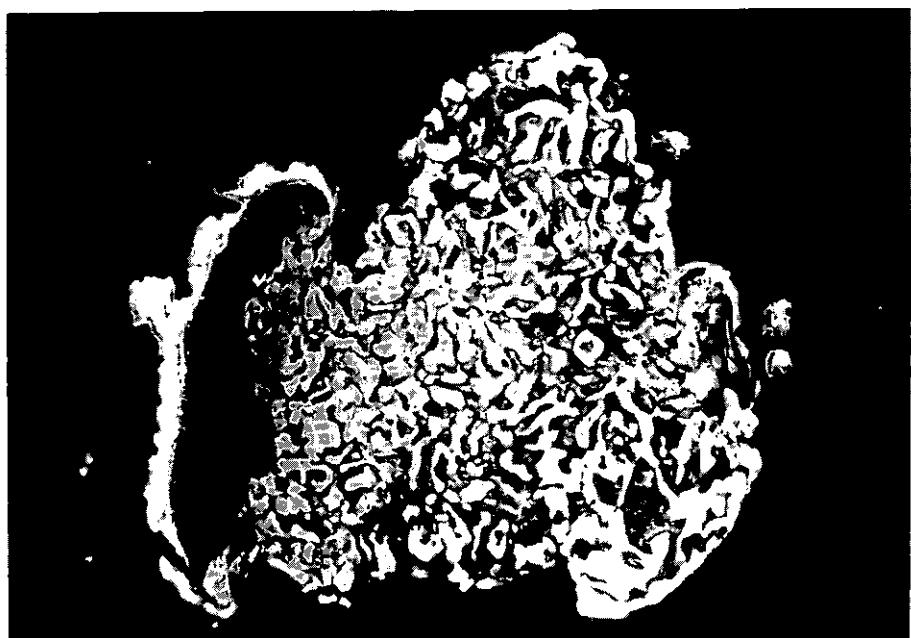


Abb. 13. Anschliff des Goldkorns aus Abb. 12. REM-Foto, Bildbreite 0,7 mm.

Als einzige Beimengung des Goldes konnte Silber festgestellt werden. Bei rund 70 % der untersuchten Goldkörner liegt der Silbergehalt an der Oberfläche unter der Nachweisgrenze der energiedispersiven Analytik (<0,5 Gew.-%). 22 % der Goldkörner weisen einen Silbergehalt bis 12 % auf, etwa 7% der untersuchten Goldkörner sind eigentlich Elektrumkörner (Ag > 20%). Bei den silberreichen Körnern konnte die Beobachtung gemacht werden, daß in Kratzern der Silbergehalt höher lag als an der Oberfläche.

Die Messung an der Oberfläche läßt nur bedingt Aussagen über die Zusammensetzung im Inneren der Goldkörner zu. Um eine eventuelle Zonierung, Einschlüsse und interne Verwachsungsstrukturen untersuchen zu können, wurden von 15 Goldkörnern polierte Anschlüsse hergestellt. Die Profilmessungen erfolgten mit einer Elektronenstrahlmikrosonde vom Typ CAMEBAX SX 50 der Firma CAMECA.

**Für haupten** (Lok. 4): Das stark gerundete Goldkorn aus Fürhaupten besteht größtenteils aus einem kompakten Kern und randlich aus einer mehr oder weniger stark ausgeprägten, löchrigen Randzone (Abb. 14, oben). Die Profilmessung zeigt, daß der durchschnittliche Silbergehalt im kompakten Bereich 1,1 % beträgt. Zum Rand hin steigt der Silbergehalt bis auf 3 bzw. 5 % an und fällt im Bereich der löchrigen Struktur auf unter 0,2 % ab. In dieser Zone wurde stellenweise auch Bismut nachgewiesen. Das Detailprofil (Abb. 14, unten) gibt die Änderung des Silbergehalts im Randbereich des Goldkorns deutlich wieder. Bei der löchrigen Randzone handelt es sich um eine typische Relikstruktur der myrmekitischen Au-Bi-Verwachsung. Diese für die Typisierung der Goldvererzung wichtige Beobachtung ist erst im Anschliff möglich, da die Strukturen an der Oberfläche des Korns bereits nicht mehr zu erkennen sind. Die Goldkörner aus den Schottern der Großen Regens bei Theresienthal zeigten schon bei der morphologischen Betrachtung (siehe Abschnitt 4.3) eine deutliche Deformation, Rundung und Plättung, die im Anschliff besonders gut durch die z. T. stark verschmierten myrmekitischen Bereiche in Erscheinung tritt.

Die Ursache für das deutliche Ansteigen des Silbergehaltes im Randbereich des kompakten Korns konnte nicht eindeutig geklärt werden, vielleicht handelt es sich dabei um eine primäre Zonierung des Goldkorns. Am Beginn des Gesamtprofils läßt sich gut erkennen, daß zum Rand hin der Silbergehalt auch dann deutlich abfällt, wenn keine myrmekitische Struktur anschließt. Dieser Effekt, der bei allen Goldkörnern beobachtet wurde, wird auf eine selektive Auslaugung des Silbers zurückgeführt.

Profilmessungen an einem weiteren Goldkorn aus der gleichen Probe lieferen entsprechende Werte: Der durchschnittliche Silbergehalt im kompakten Korn von 1,1 % fällt am Rand auf unter 0,2 % ab.

**Rannenau** (Lok. 12): Aus dieser Probe wurden drei Goldkörner im Anschliff untersucht. Die Ausbildungsform zwei der Körner kann als typisch für das Gold der Vererzungen im Falkensteingebiet angesehen werden. Ein kompaktes Goldkorn ist mit einem löchrigen Myrmekit-Relikt verwachsen. Der kompakte Teil hat einen deutlich höheren Silbergehalt von etwa 2,5 % bzw. 7,7 % im Vergleich zu

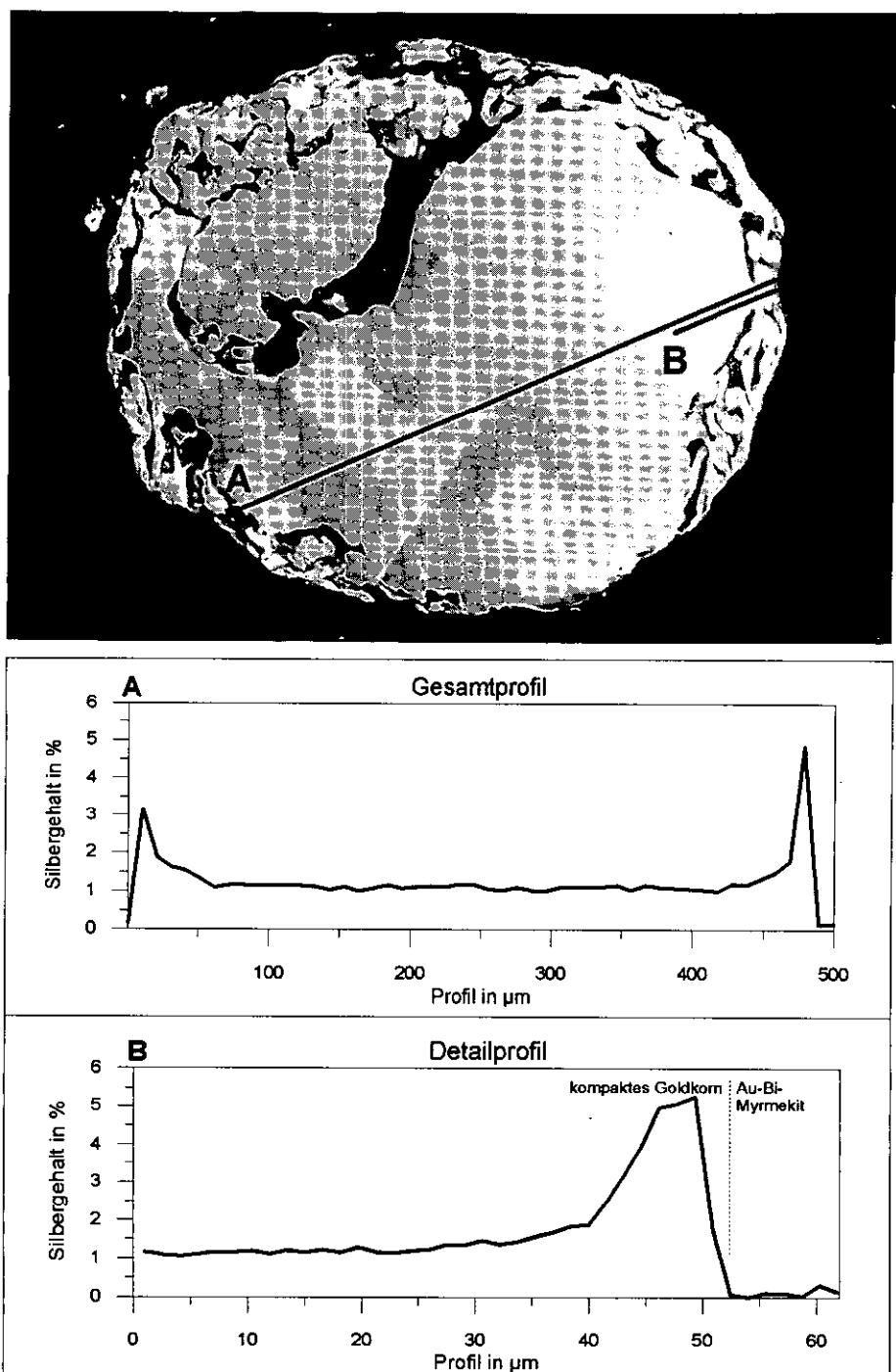


Abb. 14. Goldkorn aus Fürhaupten (Lok. 4). REM-Foto eines Anschliffs und zugehörige Profilmessungen. Bildbreite des Fotos 0,75 mm. Die Meßprofile sind auf dem Anschliffbild markiert. Erläuterungen zu den Profilmessungen im Text.

dem löchrigen Bereichen mit weniger als 0,1 % Silber. Bei Einzelmessungen konnten im Myrmekit-Relikt beider Körner Bismut-Einschlüsse nachgewiesen werden.

Der dritte Anschliff (Abb. 15, oben) zeigt ein Elektrum-Korn. Aus dem Gesamtprofil (Abb. 15, Mitte) ist zu ersehen, daß der durchschnittliche Silbergehalt von etwa 45 % gegen den Rand auf bis zu 48 % ansteigt. Diese Zonierung hängt wahrscheinlich mit der primären Abscheidung des Elektrums zusammen, nicht so die deutliche Abnahme des Silbergehalts in den äußeren 5 µm (Detailprofil, Abb. 15, unten). Als Erklärung für diese Beobachtungen bietet sich an, von einer selektiven Komplexierung und Lösung des Silbers, etwa in Form von Silberchlorid, im Bereich der Verwitterungszone bzw. im Sediment auszugehen (KRUPP & WEISER 1992). Eine Bildung der goldreichen Randzone durch elektrochemische Abscheidung von Gold aus der Lösung, wie sie z. B. GROEN et al. (1990) beschreiben, kommt für vorliegenden Befund nicht in Betracht.

**Schwellhäusl** (Lok. 9): Von diesem eluvialen Vorkommen wurde ebenfalls ein Elektrum-Korn untersucht. Das bereits im Lichtmikroskop silberfarbene Korn hat einen mittleren Goldgehalt von 40 % und ist von zahlreichen porösen Zonen durchzogen, an denen der Silbergehalt durch Laugung auf etwa 5 % gesunken ist.

**Geiselbach** (Lok. 11): Ein relativ großes Goldkorn mit sehr schöner Myrmekit-Relikstruktur an der Oberfläche (Abb. 12) zeigt im Anschliff, daß bis in den Kern dieses löchrig-schwammigen Gebildes das Bismut weggelöst wurde (Abb. 13). Im kompakten Gold der Relikstruktur konnten vereinzelt um große Einschlüsse von Bismut, die durch das umgebende Gold vor der Auflösung geschützt wurden, nachgewiesen werden. Das Bismut enthält keine meßbaren Beimengungen. Ebenso wie bei den anderen untersuchten Strukturen dieser Art ist im Gold ein geringer Silbergehalt nachweisbar, der in dieser Probe zwischen 0,2 und 0,5 % schwankt.

**Kolbersbach** (Lok. 15): Insgesamt wurden fünf Goldkörner aus dem Kolbersbach (Bereich Goldwiese) angeschliffen und untersucht. Vier davon zeigen mehr oder weniger deutlich ein myrmekitisches Reliktgefüge. Ein kleines Korn besteht nur aus einem Myrmekit-Relikt mit einem Silbergehalt von 0,2 bis 0,3 %. Sehr schön ist die myrmekitische Relikstruktur in Verbindung mit einem kompakten Goldkorn in Abb. 16 zu sehen. Das Profil zeigt die unterschiedliche Zusammensetzung beider Teilkörper. Das kompakte Korn enthält etwa 9 % Silber mit abnehmender Tendenz zum Rand hin, der löchrige Teil dagegen nur um 0,3 %. Hier ist stellenweise auch Bismut in geringer Menge nachweisbar. Ein weiteres Korn besteht überwiegend aus einem kompakten Teil mit etwa 0,8 % Silber an den sich ein myrmekitischer Bereich anschließt ( $\text{Ag} < 0,1 \%$ ).

Ein weiteres kompaktes Korn hat einen durchschnittlichen Silbergehalt von 1,3 %, der zum Rand hin auf etwa 0,6 % abnimmt und das letzte der fünf Körner besteht wiederum aus einer Verwachsung eines kompakten Teils, mit einem Silbergehalt von 6 %, und einem groben Myrmekit-Relikt mit einem Anteil von durchschnittlich 0,2 % Silber. In letzterem konnte ebenfalls Bismut nachgewiesen werden.

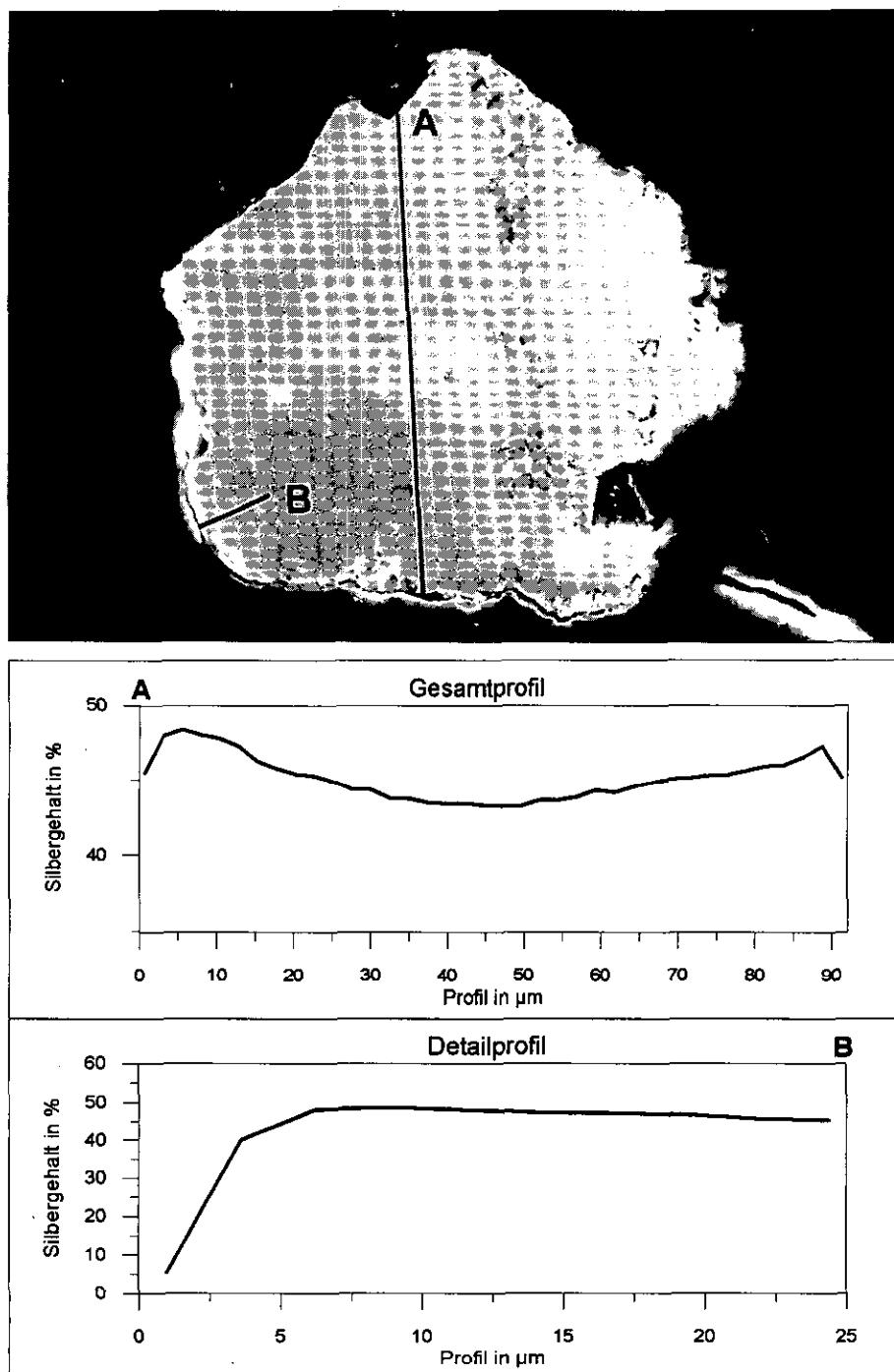


Abb. 15. Elektrum-Korn aus der Rannenau (Lok. 12). REM-Foto eines Anschliffes und zugehörige Profilmessungen. Bildbreite des Fotos 0,17 mm. Die Meßprofile sind auf dem Anschliffbild markiert. Erläuterungen zu den Profilmessungen im Text.

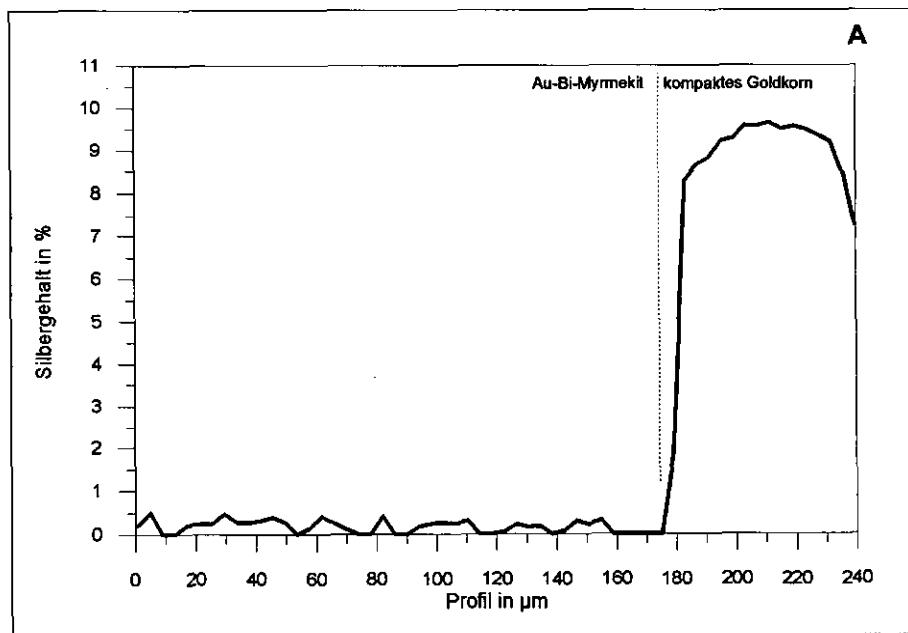
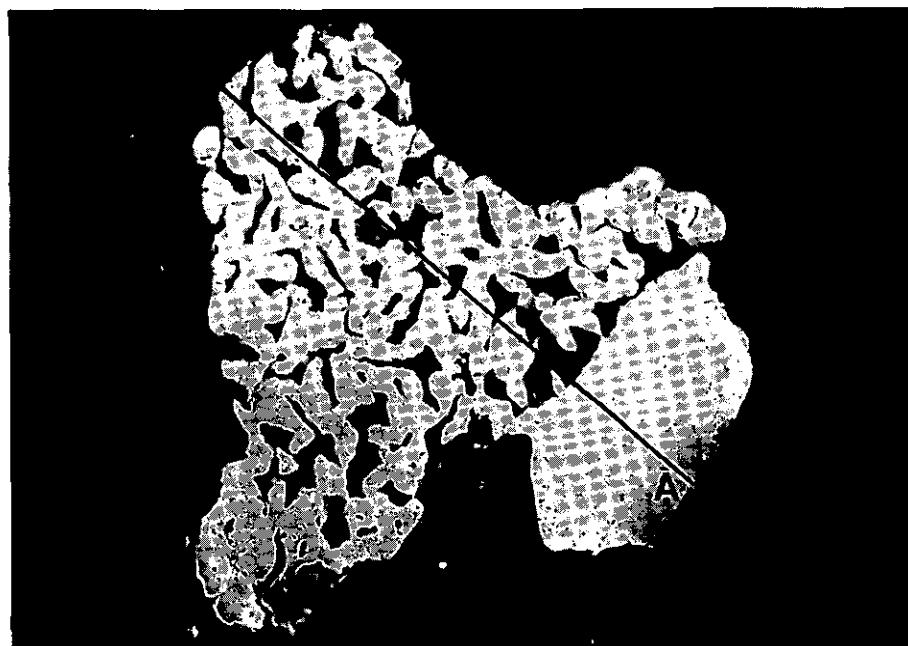


Abb. 16. Goldkorn aus dem Kolbersbach (Lok. 15). REM-Foto eines Anschliffes und zugehörige Profilmessung. Bildbreite des Fotos 0,36 mm. Das Meßprofil ist auf dem Anschliffbild markiert. Erläuterungen zu der Profilmessung im Text.

#### 4.5. Vererzungsmodell

Die gesamte alluviale Goldführung des untersuchten Gebietes zwischen Zwiesel und Bayerisch Eisenstein läßt sich auf einzelne eluviale oder residuale Goldvorkommen im Falkensteinmassiv beziehen. Aufgrund der einheitlichen Lage dieser Vorkommen im Verwitterungsschutt des Cordierit-Sillimanit-Gneises, muß die primäre Vererzung ebenfalls in diesem hochmetamorphen Gestein situiert sein. Hier zeigt sich bereits eine sehr gute Übereinstimmung mit dem bei MORÁVEK & LEHRBERGER (dieser Band) aufgeführten Lagerstättentyp II, der an metamorphe Prozesse gebunden ist.

In den Schwermineralkonzentraten aus dem Falkensteingebiet konnten im wesentlichen drei Goldtypen nachgewiesen werden:

- a) Goldrelikte einer ursprünglichen myrmekitischen Gold-Bismut-Verwachsung mit nur sehr geringem Silbergehalt
- b) Gold mit einem Silbergehalt bis zu 12 %
- c) Elektrum

Insbesondere das Auftreten der Au-Bi-Myrmekite ist als Indikatorparagenese der Goldvorkommen des Moldanubischen Typs zu werten. Die ebenfalls typische Assoziation mit Arsen konnte über den in einer Probe gefundenen Löllingit auch für das Falkensteingebiet belegt werden. Weiterhin ist das Auftreten von Arsenopyrit in der primären Vererzung zu erwarten, wie die Untersuchungen an Bohrkernmaterial aus dem vergleichbaren Vorkommen bei Oberviechtach-Unterlangau zeigen (LEHRBERGER et al. 1990). Aufgrund der geringen Verwitterungsresistenz von Arsenopyrit fehlt dieser in Proben aus den Bachsedimenten oder aus dem Verwitterungsschutt.

Die großflächige Ausdehnung der Abbauspuren im Bereich der eluvialen oder residualen Goldanreicherungen erlaubt, besonders auch im Vergleich mit der Situation in Oberviechtach-Unterlangau (LEHRBERGER et al. 1990) den Schluß auf eine feinverteilte Erzimprägnation im Gneis. Eine Goldanreicherung in Quarzmobilisaten, wie beispielsweise bei Kašperské Hory, konnte im Untersuchungsgebiet nicht nachgewiesen werden.

Für die Vererzung wird eine metamorphogene Bildung angenommen, d.h. eine bereits vorhandene Vererzung wird im Rahmen eines oder mehrerer Metamorphoseereignisse unter neuen P/T-Bedingungen equilibriert oder mobilisiert und an lithologisch bzw. strukturell begünstigter Stelle wieder abgeschieden. Die für eine Umlagerung benötigte Energie lieferte die variszische Metamorphose mit Temperaturen bis zu 690 °C (BLÜMEL 1983), die zum Transport nötigen Fluide entstehen bei den Mineralreaktionen einer prograden Metamorphose. Die ursprüngliche prämetamorphe Vererzung war sehr wahrscheinlich an Vulkanite gebunden, die heute im wesentlichen als Amphibolite, besonders in der Bunten Gruppe der moldanubischen Gesteine vorliegen. Im Bereich des Inneren Bayerischen Waldes könnte auch ein Zusammenhang mit dem Auftreten stratiformer Sulfiderzvorkommen vom Typ Bodenmais bestehen, die nach Untersuchungen von TROLL et al. (1987) submarin, vulkanisch-exhalativ gebildet wurden. Wobei allerdings die Sulfiderzkörper selbst, wie die Untersuchung der Erze vom Rotkot bei Zwiesel zeigte, nicht für die Herkunft des Seifengoldes in Frage kommen (MARTINEK 1994: 68).

## 5. Literatur

- AKSTALLER, F. (1870): Beiträge zur Geschichte des Marktes Zwiesel. – Verh. d. Hist. Ver. v. Niederbayern, **15**: 23 ff., o.O.
- BAYBERGER, F. (1886): Geographisch-geologische Studien aus dem Böhmerwalde. – Petermanns Geogr. Mitt., Erg.-H. **81**, Gotha.
- BLÜMEL, P. (1983): The western margin of the Bohemian Massif in Bavaria. – Fortschr. Mineral., **61**, Beih. 2: 171–195, Stuttgart.
- BRUNNACKER, K. (1965): Bodenkarte von Bayern 1 : 25 000 Blatt Nr. 6945 Zwiesel mit Deckblatt und Erläuterungen. – 110 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- FLURL, M. (1792, Neudruck 1992, LEHRBERGER G. [Hrsg.]): Beschreibung der Gebirge von Baiern und der oberen Pfalz. – 15 + 315 S., München (Eigenverlag).
- GROEN, J. C., CRAIG, J. R. & RIMSTIDT, J. D. (1990): Gold-rich rim formation on electrum grains in placers. – Canad. Mineral., **28**: 207–228, Ontario.
- GRUEBER, B. & MÜLLER, A. (1846, Reprint 1993): Der bayrische Wald (Böhmerwald). – 417 S., Grafenau (Morsak).
- GÜMBEL, C. W. (1868): Geognostische Beschreibung des Königreichs Bayern. Zweite Abteilung: Geognostische Beschreibung des Ostbayerischen Grenzgebirges oder des Bayerischen und Oberpfälzer Waldgebirges. – 968 S., Gotha (Perthes).
- HOCHSTETTER, F. (1854): Geognostische Studien aus dem Böhmerwalde. (II.) Die alten Goldwäschen im Böhmerwalde oder der Gneiss des Böhmerwaldes. – Jb. geol. R.-A., **5**: 567–585, Wien.
- KOPP, R. (1974): Glazialmorphologische Untersuchungen im Bereich von Zwiesel. – Unveröff. Zulassungsarb. f. d. Lehramt, Univ. Regensburg, 153 S., Regensburg.
- KRUPP, R. E. & WEISER, T. (1992): On the stability of gold-silver alloys in the weathering environment. – Mineral. Deposita, **27**: 268–275, Berlin (Springer).
- LEHRBERGER, G. (1996): Goldlagerstätten und historischer Goldbergbau in Bayern. – In: Gold im Herzen Europas. Katalog zur Ausstellung. Schr.-R. Bergb. Ind.-Mus. Ostbayern, **34**: 17–63, Theuern.
- LEHRBERGER, G. & MARTINEK, K.-P. (1996): Metamorphe Goldvererzungen und assozierte Seifenlagerstätten im Moldanubikum des Bayerischen Waldes und südlichen Böhmerwaldes. – In: OBERMÜLLER, T. [Hrsg.]: Mineralien und Lagerstätten des Bayerischen Waldes. Tagungsbd. z. VFMG-Sommertagung, 179–197, Kötzting.
- LEHRBERGER, G., PREINFALK, CHR. & MORTEANI, G. (1988): Historischer Goldbergbau im Oberpfälzer Wald im Licht neuer geologisch-mineralogischer Untersuchungen. – Acta Albertina Ratisbonensis, **45**: 95–128, Regensburg.
- LEHRBERGER, G., PREINFALK, CHR., MORTEANI, G. & LAHUSEN, L. (1990): Stratiforme Au-As-Bi-Vererzung in Cordierit-Sillimanit-Gneisen des Moldanubikums bei Oberviechtach-Unterlangau, Oberpfälzer Wald (NE-Bayern). – Geologica Bavaria, **95**: 133–176, München.
- MADEL, J., PROPACH, G. & REICH, H. (1968): Geologische Karte von Bayern 1 : 25 000 Blatt Nr. 6945 Zwiesel mit Erläuterungen. – 88 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- MARTINEK, K.-P. (1994): Mineralogisch-lagerstättentypische Untersuchungen an den Goldvorkommen zwischen Zwiesel und Bayerisch Eisenstein, Bayerischer Wald. – Unveröff. Dipl.-Arb., TU München, 142 S., Garching.
- MARTINEK, K.-P. & LEHRBERGER, G. (1993): Morphologie und chemische Zusammensetzung von Seifengold aus dem Falkensteinmassiv bei Zwiesel (Bayerischer Wald). – Eur. J. Mineral., **5**, Beih. 2: 229, Stuttgart.

- MARTINEK, K.-P. & LEHRBERGER, G. (1996): Die Goldvorkommen im Bayerischen Wald unter besonderer Berücksichtigung des Zwieseler Winkels. – Der Bayerwald, **4/96**: 7–26, Zwiesel (Bayer. Wald-Ver.).
- MORÁVEK, P. et al. (Aut.-Koll., 1992): Zlato v Českém masívu [Gold in the Bohemian Massif]. – 245 S., Prag (Czech Geol. Surv.).
- PENCK, A., BÖHM, A. & RODLER, A. (1887): Bericht über eine gemeinsame Excursion in den Böhmerwald. – Z. dt. geol. Ges., **39**: 68–77, Hannover.
- POŠEPNÝ, F. (1895): Die Goldvorkommen Böhmens und der Nachbarländer. – Archiv f. pract. Geol., **2**: 484 S., Freiberg.
- PREINFALK, Chr. (1986): Geologisch-petrographische und geochemisch-lagerstättenkundliche Untersuchungen zwischen Schönsee und dem Murachtal im Oberpfälzer Wald sowie im Bayerischen Wald. – Unveröff. Dipl.-Arb., TU München, 214 S., Garching.
- PRIEHÄUSSER, G. (1938): Eiszeitliche Toteisbildungen im Bayerischen Wald. – Z. f. Gletscherkunde, **26**: 97–111, Berlin.
- RAMDOHR, P. (1953): Maldonit. – Sitzungsber. Akad. Wiss., B, 1952, **5**: 3–9, Berlin.
- ROHREMÜLLER, J. (1996): Zur Geologie des nördlichen Bayerischen Waldes und des südöstlichen Oberpfälzer Waldes ein Überblick. In: OBERMÜLLER, T. [Hrsg.]: Mineralien und Lagerstätten des Bayerischen Waldes. Tagungsbd. z. VFMG- Sommertagung, 1–11, Kötzing.
- SEYFERT, I. (1978): Im Jahr 1911 hat man bei Lindbergmühle nach Gold gegraben. – Der Bayerwald-Bote, 19. 05. 1978, Passau.
- SEYFERT, I. (1981): Der Abbau von Erz- und Quarzvorkommen im Bereich des Nationalparks Bayerischer Wald. – Aufschluß, Sonderbd. **31**: 33–47, Heidelberg (VFMG).
- SPERLING, T. & GRUNDMANN, G. (1993): Das Kyanit-Vorkommen am Berg Panzer bei Markt Eisenstein im Böhmerwald. – Lapis, **18**, 7/8: 19–25, München (Weise).
- STETTNER, G. (1981): Grundgebirge. – In: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 500 000, 7–33, München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- TROLL, G., LINHARDT, E. & SKERIES, R. (1987): Petrographic and geochemical studies on country rock of the Bodenmais (Bavaria) sulphide deposit. – N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 726–752, Stuttgart.
- WINKLER, U. (1991): Zur Geschichte der Goldwäscherei und des Bergbaues im Inneren Bayerischen Wald in der Zeit der Degenberger (1300–1602). – Der Bayerische Wald, **26**: 18–22, Zwiesel.
- WINKLER, U. (1996): Goldland Bayerischer Wald? – Schöner Bayerischer Wald, **110**: 15–17, Grafenau (Morsak).

Manuskript bei der Redaktion eingegangen am 24. 6. 1997.

# Zur Mineralogie und Bergbaugeschichte der pleistozänen Goldseifen im Rachel-Vorland, Moldanubikum/Bayerischer Wald

Von KARL THOMAS FEHR, ULRICH HAUNER und ANDREAS WEBER

Mit 15 Abbildungen und 1 Tabelle

## Kurzfassung

Im Rachel-Vorland sind acht Goldgrubenfelder des 14./Anfang des 15. Jahrhunderts mit einer Gesamtfläche von ehemals 38.3 ha bekannt. Mit 20.5 ha (heutige Fläche) ist das Goldgewinnungsfeld am Rachelseebach das größte seiner Art im Inneren Bayerischen Wald. Im weiteren Verlauf der großen Ohe, die im Gebiet der ehemaligen Goldgewinnung entspringt, wurde die Sedimentfüllung von Strudellöchern in der Steinklamm/Spiegelau untersucht, die eine deutliche Schwermineralanreicherung aufweist.

Die goldführenden Schotter sind fluvioglazialer und glazifluviatiler Entstehung. Ihr Edelmetallgehalt beträgt durchschnittlich 1–2 Körnchen von 0.1–0.3 mm Größe/kg Feinsediment (<6.3 mm Korngröße).

Die Goldkörner zeigen typische Deformationserscheinungen, hervorgerufen durch den Transport mit dem Bachsediment, oder die intensive Durchmischung mit der Sedimentfüllung in aktivierte Strudellöchern. Die maximale Transportweite der Goldkörner beträgt ca. 10 km. Die Goldkörner können aufgrund ihrer Zusammensetzung in 3 Gruppen eingeteilt werden: Typ A (Au + Ag + Cu), Typ B (Au + Bi) mit myrmekitischem Gefüge und Typ C (Au + Ag). Die Herkunft des Goldes kann auf synsedimentäre Bildung in Edukten der jetzt hochmetamorphen Cordierit-Sillimanit-Gneise zurückgeführt werden.

## Abstract

In the Rachel foreland eight former gold mining areas from the 14th/beginning of the 15th century were investigated, covering an area of 38.3 ha. The largest gold extraction area is situated at Rachelseebach (20.5 ha) being the largest area of Innerer Bayerischer Wald. In addition the sedimentary filling of swirl holes at Steinklamm/Spiegelau were investigated, displaying an enrichment in heavy minerals.

The auriferous gravels are of fluvioglacial and glacifluviatile origin. Their noble metall contents amount 1–2 grains gold of 0.1–0.3 mm size per 1 kg of sediment (<6.3 mm) in average.

The gold grains display typical deformation textures due to transport in fluviatile sediments or to intensive mixing with sediments in active swirl holes. The gold grains are transported as long as ca. 10 km in maximum.

Due to their composition the goldgrains can be attributed to 3 groups: type A (Au + Ag + Cu) type B (Au + Bi) displaying myrmekitic texture and type C (Au + Ag). The origin of the gold can be related to synsedimentary formation in the recent highly metamorphosed cordierite-sillimanite-gneisses.

## Inhalt

1.	Regionalgeologische Übersicht . . . . .	302
2.	Die Seifenhügel- und Grübenfelder des Untersuchungsgebietes . . . . .	302
3.	Zeitliche Einordnung der Seifengoldgewinnung . . . . .	309
4.	Die Strudellöcher der Steinklamm/Spiegelau als Schwermineralfallen . . . . .	310
4.1.	Geomorphologische Situation . . . . .	311
4.2.	Sedimentfüllung der Strudellöcher . . . . .	313
5.	Morphologie der Goldkörner . . . . .	315
6.	Zusammensetzung der Goldkörner . . . . .	318
7.	Herkunft des Goldes . . . . .	322
8.	Literatur . . . . .	324

## 1. Regionalgeologische Übersicht

In den Tallagen des Untersuchungsgebietes, die zugleich das Hauptverbreitungsgebiet der Goldseifen und ihrer anthropogenen „Grübenfelder“ (um den traditionellen Begriff der Region zu wählen) darstellen (Abb. 1), treten nach BAUBERGER (1977) metatektische Cordierit-Sillimanit-Gneise, meta- bis anatektische Cordieritgneise, anatektische blastomylonitische Cordieritgneise und Körnelgneise auf. Das Rachel-Massiv besteht aus Cordieritgneis mit zwischengelagerten Biotit-Plagioklas-Gneisen. Untergordnet kommen Ganggranite, Aplit, Quarzgänge und redwitzitische Metabasite vor. Im Hangenden dieser Gesteinsserie, die zur Monotonen Gruppe des Moldanubikums gehört, treten bunte Gesteinsfolgen auf, die allerdings außerhalb des Wassereinzugsgebietes unserer Goldseifen liegen. Der von den unteren Hanglagen des Rachel bis weit über den Lusen hinaus reichende Finsterauer Kristallgranit engt das Verbreitungsgebiet goldführender Gesteine stark ein.

Die geologischen Verhältnisse der Steinklamm mit ihren goldführenden Strudellochsedimenten entsprechen dem geologischen Bild der Tallagen des Inneren Bayerischen Waldes. Es dominieren metatektische Cordierit-Sillimanit-Gneise. Am südlichen Ausgang der Klamm ist ein Orthogneishorizont mit pegmatitischen Schnüren eingeschaltet. Vereinzelt treten in beiden Gesteinen linsen- und schollenförmige Körper von Kalksilikatfels und feinkörniger Ganggranit auf.

Jenseits einer anatektischen Paragneiszone folgt dann das südlichste Seifengoldvorkommen in der Pfahlzone bei Hartmannsreit. Im Terrassenschotter dominieren hier aber Cordierit-Sillimanit-Gneis und Cordieritgneis aus dem Oberlauf der Gr. Ohe. Die Gesteine der Pfahlzone selbst hatten sehr wahrscheinlich keinen Einfluß auf die Goldführung.

## 2. Die Seifenhügel- und Grübenfelder des Untersuchungsgebietes

Hinsichtlich der Lage im Naturraum, der Geologie des Wassereinzugsgebietes und ihrer geomorphologisch-stratigraphischen Situation, weisen die acht Goldgrübenfelder des Untersuchungsgebietes viele Gemeinsamkeiten auf. Ihre

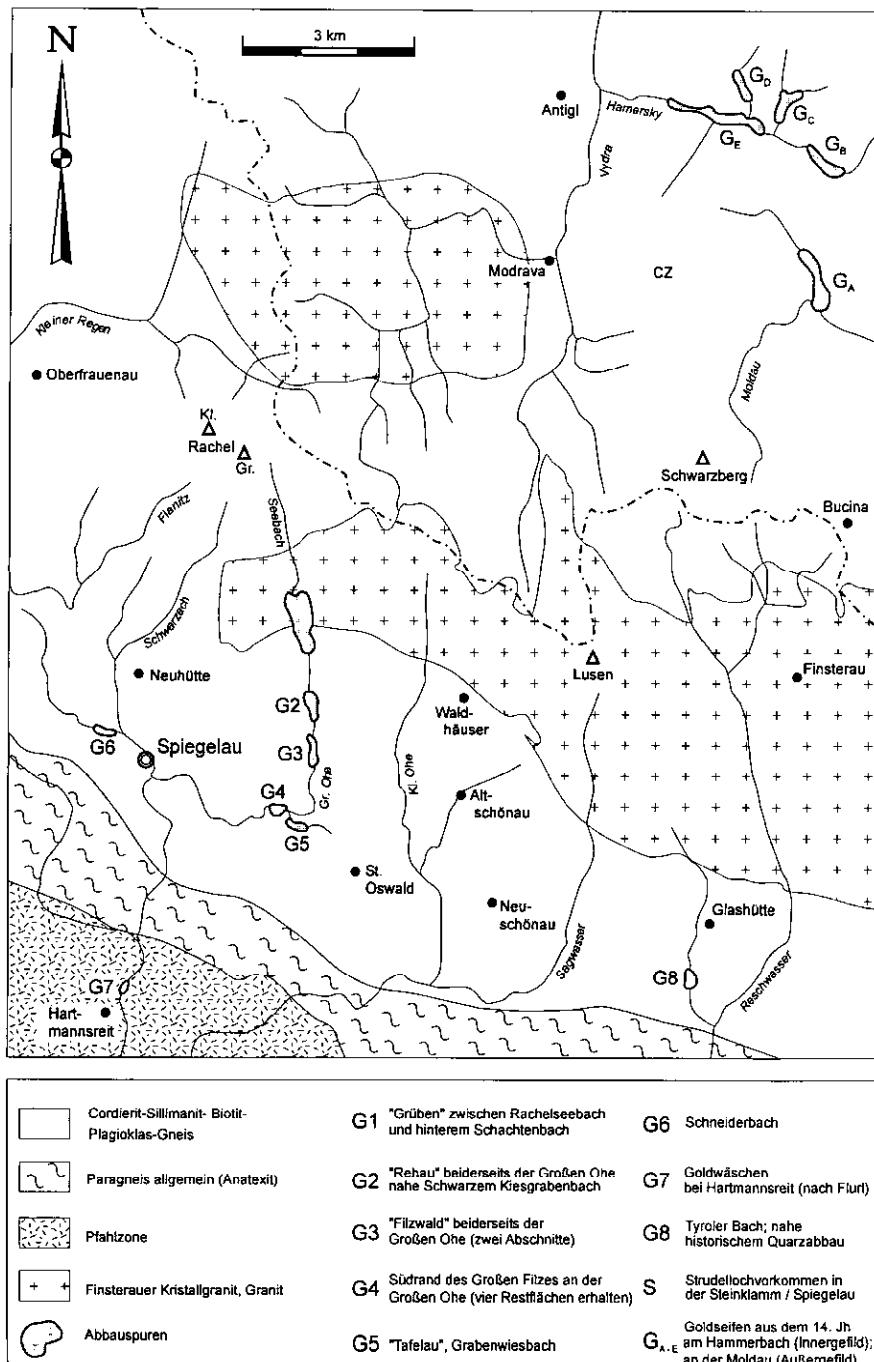


Abb. 1. Lage und geologischer Rahmen der ehemaligen Goldabbaue in der bayerisch-tschechischen Grenzregion beiderseits des Rachel-Lusen-Schwarzberg-Gebirgszuges.

Verbreitung und Benennung (G 1–G 8) kann aus der Übersichtskarte (Abb. 1) entnommen werden.

Mit Ausnahme des Vorkommens G 7 liegen sie nahe am Südrand des Rachel-Lusen-Schwarzberg-Höhenzuges auf der tertiärzeitlichen 750 m-Haupttrümppfläche des Inneren Bayerischen Waldes. G 7 folgt sofort nach deren tektonisch bedingter Abbruchkante (Steinklamm) in der nächsten Talweitung der Großen Ohe bei Hartmannsreit.

Wie die fünf benachbarten tschechischen Goldgrübenfelder G<sub>A</sub>–G<sub>E</sub> (Abb. 1) bei Horská Kvilda/Innere Gefild (Hameršký potok) und Kvilda/Außergefild (Kvildský potok) sind sie räumlich auf wenige Bachläufe konzentriert. Am bedeutendsten ist der Oberlauf der Gr. Ohe mit dem Rachelseebach als größtem Quellfluß. Hier reihen sich zwischen 815 m und 737 m Höhe perl schnurartig fünf Grübenfelder (G 1–G 5). Das goldführende Talsediment reicht dabei in einer Längserstreckung von ca. 5,5 km vom rißglazialen Maximalstand des südlichen Rachelgletschers (Nordrand von G 1) bis nach Riedlhütte. Dieser Abschnitt kann als zusammenhängende Seifengoldlagerstätte angesehen werden, deren Abbau durch die weitflächigen Hochmoore (Klosterfilz, Gr. Filz) zwischen G 3 und G 4 und mächtige periglaziale Solifluktionsdecken im muldentalartigen Abschnitt um Riedlhütte eingeschränkt war. Hinzu kommt unweit von Spiegelau ein Vorkommen am Unterlauf des Schneiderbachs (G 6). Daß die Gr. Ohe talabwärts ebenfalls noch größere Goldmengen führt, beweist neben dem erwähnten Vorkommen G 7 die Anreicherung gut zugerundeter Körner in Sedimentfallen der Steinklamm (vgl. Signatur S in Abb. 1).

Außer den sieben Grübenfeldern im Einzugsgebiet der Gr. Ohe gibt es am Tyroler Bach noch ein isoliert gelegenes Vorkommen (G 8).

Sechs Vorkommen (G 2–G 6, G 8) liegen in Cordierit-Sillimanit-Gneis-Gebieten. G 7 partizipiert noch an der Schwermineralfracht der Gr. Ohe aus diesem geologischen Areal. Die Gerölle im Grübenfeld am Rachelseebach (G 1) bestehen überwiegend aus Cordieritgneisen und Biotit-Plagioklas-Gneisen. Sie entsprechen der geologischen Situation in den benachbarten tschechischen Vorkommen (KUDRNÁČ 1973). Im Bereich der Granite am Plattenhausen-Lusen-Gebirgszug und der Glimmergneise (Schwarzberg) fehlen Goldseifen völlig.

Hinsichtlich ihrer geomorphologisch-stratigraphischen Verhältnisse (vgl. HAUNER, in diesem Band) lassen sich die Goldseifen im südlichen Rachelvorland zwei Lagerstättentypen zuordnen. Dem fluvioglazialen Typ, dessen Sedimentationsbedingungen weitgehend von Kar-, Karoid- und Talgletschern (HAUNER 1980) im Wassereinzugsgebiet abhängig waren, gehören alle Vorkommen an Rachelseebach und Großer Ohe an. Die Grübenfelder liegen auf Sandern (G 1) und Flußterrassen von Sohlentälern (G 1–G 5, G 7). Zum zweiten, dem glazifluviatilen Typ, zählen die Vorkommen an Schneiderbach (G 6) und Tyroler Bach (G 8). Dies sind kleinere Bäche mit ungegliedertem Schotterkörper, welche den ehemals periglazialen Raum entwässerten. Wichtiger aber ist das Verbindende: Sie alle sind sekundäre Goldlagerstätten des Pleistozäns.

Gemeinsam ist den Goldgewinnungsflächen des Untersuchungsgebietes auch ihr Kleinrelief, wobei dieses nicht nur den anderen Vorkommen des Ostbayeri-

schen Grenzgebirges, sondern auch jenen der klassischen Goldbezirke Tschechiens grundsätzlich gleicht. Die Geländeefunde in den Vorkommen G 1–G 6 zeigen, daß die Goldseifen abhängig von der räumlichen Dimension der Schotterterrasse, der Mächtigkeit des Sediments sowie den hydrologischen Verhältnissen am Hangfuß mit Durchfluß- und Abflußrinnen systematisch erschlossen wurden. Verbreitete Methoden waren die Mäanderbegradigung (u. a. bei G 3), die Verlegung des Hauptbaches auf neue bachparallele Achsen (u. a. am oberen Ende von G 6, bzw. bei G 8), die spitzwinkelige Zuleitung gesammelten Hangwassers (deutlich bei G 4 und am unteren Ende von G 6) oder das linienhafte, talaufwärtsschreitende Abgraben des Schotterkörpers im Grundwasserhorizont (mehrfach bei G 1). Zum Bild der Grübenfelder gehören auch die meist auf ungestörtem Untergrund aufgesetzten Hügel zwischen den Abfluß- und Waschrinnen, welche sowohl einzeln liegen, als auch zu einer langen Hügelreihe angeordnet sein können. Sie bestehen ausschließlich aus locker gefügtem Grobsediment (Schotterhügel mit hohem Kiesanteil). Das von den Goldwäschern durchsuchte Feinsediment bedeckt den Grund der Abflußrinnen oder ist längst fortgespült.

#### G 1: Das große Grübenfeld am Rachelseebach (778–815 m)

Es liegt in der großen Talweitung direkt am Fuß des Rachelmassivs, im Bereich der beiden Forstabteilungen „Grüben“ und „Grübenau“ (BAUBERGER 1977, HAUNER 1980). Zu 90 % seiner Fläche folgt es dem linken Ufer des Rachelseebachs in einem ca. 1050 m langen und durchschnittlich 200 m breiten Abbaufeld bis zur Einmündung des Hinteren Schachtenbaches. Das rechte Ufer des Rachelseebaches begleitet ein 700 m langer, im oberen Teil 60 m und im unteren Teil nur noch 30 m breiter Grübenfeldstreifen. Mit einer derzeitigen Fläche von 20.5 ha ist es das größte zusammenhängende Goldgewinnungsfeld des Bayerischen Waldes, gefolgt vom ca. 17 ha großen Areal „Grüben/Gschwend“ am Kolbersbach/Falkenstein (MARTINEK 1994). Ursprünglich war es jedoch noch größer. Durch Sandentnahme für den Forststraßenbau wurden in den 70er Jahren 1,5 ha an seinem Westrand zerstört. Größere Eingriffe erfolgten mehrfach im 18. und 19. Jh. durch einen nahe gelegenen Glashüttenstandort (sog. Neuhüttenwiese: Glashütte „Auf dem Schachten am Feistenberg“, betrieben von 1780 bis 1875), den Triftkanalausbau ab 1841, die Erschließung des Staatsforstes mit einer Straße entlang des Rachelseebaches und quer durch das Grübenfeld hinüber zur Racheldiensthütte sowie die Anlage eines großen Holzsammelplatzes an der Grübenbrücke. Die ursprüngliche Ausdehnung des Grübenfeldes kann auf 25 ha geschätzt werden.

Die Lokalität zählt zum fluvioglazialen Lagerstättentyp und umfaßt den rißglazialen Sander des südlichen Rachelgletschers und die daran anschließende Schotterterrasse. Mit allen weiteren Grübenfeldern im Niederterrassenbereich der Gr. Ohe (G 2, G 3 und G 4) ist dieser Goldseife gemeinsam, daß das Talsediment aus zwei goldführenden fluvioglazialen Schotterdecken (vgl. HAUNER, in diesem Band) besteht. Anreicherungshorizonte von Schwermineralien sind nicht erkennbar. Die heutige Goldführung ist innerhalb des Grübenfeldes sehr gering. Im rezenten Seebachsediment beträgt sie immerhin noch 1 Goldkörnchen von 0.1–0.2 mm Größe/kg Feinsediment (<6.3 mm Korngröße: d. h. Schluff, Sand, Feinkies nach DIN 4188).

Auf die Tatsache, daß manche Spuren der Goldwäschertätigkeit im Grübenfeld am Rachelseebach durch Quarznachlese verwischt wurden, hat SEYFERT (1981: 41ff.) hingewiesen. Um 1739 arbeitete nämlich drei Jahre lang ein Georg Plötz im Auftrag des Glasmeisters der Riedlhütte das alte Grübenfeld auf der Suche nach Quarzgerölle durch. Dabei schüttete er u. a. ältere Rinnen mit lockerem Hügelmaterial zu, was zur Flächenverebnung und späteren „Stollenbildung“ (BAUBERGER 1977: 111) über verschütteten Wassergräben führte. Die Quarzarmut mancher Schotterhügel im Vergleich zum Quarzgeröllanteil in den liegenden Schotterdecken erfährt somit eine plausible Erklärung. Interessant ist in unserem Zusammenhang, daß Plötz Funde von Goldkörnern im Sand alter Halden zu Protokoll gab.

#### G 2: Rehau (754–760 m)

Das Vorkommen liegt ca. 1 km flußabwärts in der nächsten Talweitung der Gr. Ohe im Bereich der Einmündung des Schwarzen-Kiesgraben-Baches. Es erstreckt sich beiderseits des Flusses auf einer Länge von 400 m und jeweils 50 m Breite und nimmt eine Gesamtfläche von 3,6 ha ein. Die Goldseife gehört zum fluvioglazialen Lagerstättentyp, die Goldführung beträgt im rezenten Bachfeinsediment durchschnittlich 1 Körnchen von 0.1–0.2 mm Größe/kg Feinsediment (<6.3 mm Korngröße).

#### G 3: Filzwald (745–750 m)

Das 50 m breite Grübenfeld folgt von der Brücke der Nationalparkstraße aus dem rechten Ufer der Gr. Ohe in südlicher Richtung auf 600 m Länge bis zum Beginn des Klosterfilzes. Geomorphologisch-stratigraphische Situation und Goldführung dieses 2.3 ha großen Abbaufeldes sind mit jener des Grübenfeldes in der Rehau (G2) identisch.

#### G 4: Südrand des Gr. Filzes (737–741 m)

Das Grübenfeld erstreckt sich auf der Niederterrasse südlich der Gr. Ohe zwischen Gr. Filz im N und den mächtigen Solifluktionsdecken der Kohlbethänge im S. Aus dem Urkataster Riedlhütte Ost (1829) geht hervor, daß der heutige Flurname Kohlbet auf „Golber“, (wahrscheinlich Goldberg) zurückzuführen ist (REINER, mdl. Mitteilung). Durch zwei agrarisch genutzte Langstreifenparzellen ist das ehemals wohl zusammenhängende, insgesamt 550 m lange Abbaufeld dreigeteilt. In den Waldparzellen hat sich immerhin ein Areal von 2 ha erhalten, das bis zu einer Tiefe von 2 m von Goldwäschern umgegraben wurde. Weitere Hinweise auf bergbauliche Tätigkeiten beim Vorkommen G 4 geben außerdem Flurnamen wie „Toter Mann“, „Zechbrunn“, „Im Berg“ oder „Im großen Berg“. Die markantesten Formen findet man im nordwestlichsten Abschnitt (Abb. 2). Die Goldführung beträgt im Feinsediment des Grübenfeldes 1–2 Körnchen von 0.1–0.3 mm Größe/kg Feinsediment (<6.3 mm Korngröße).

Wegen der geringen Entfernung von ca. 1.5 km zum Glashüttenstandort Riedlhütte kann von einer Quarznachlese im Grübenfeld ausgegangen werden. Ein nur aus Quarzgerölle bestehender Lesesteinhaufen am Südostrand des Areals spricht ebenso dafür wie ein Zitat aus dem Jahre 1836: „Die Glashüttenmeister lieben, unbekannt aus welcher Ursache, mehr den sogenannten Flußquarz“ (SEYFERT 1981: S. 42).



Abb. 2. Grübenfeld (G4) am Südrand des Gr. Filzes im Niederterrassenschotter der Gr. Ohe (738 m); Abflußrinne und Hügelkette aus Lockermaterial als Ergebnis der Goldwäscheraktivität im 14./15. Jh.

#### G 5: Tafelau/Grabewiesbach (743–747 m)

Nur 100 m vom Ostrand des Abbaufeldes G4 entfernt, beansprucht das Grübenfeld durch seine besondere geomorphologische Situation und seine Lage an einem aus der Tafelau kommenden Zulauf des Grabenwiesbachs Eigenständigkeit. Es handelt sich um das 500 m von der Gr. Ohe entfernte Vorkommen eines fluvioglazialen Hochterrassenschotters, der ca. 10 m über dem heutigen Ohe-Niveau liegt. Das nahezu rautenförmige Grübenfeld besitzt eine Größe von 1,4 ha und schließt an den Südrand des Filzes an (Abb. 3). Die Goldführung beträgt 1–2 Körnchen von 0,1–0,3 mm Größe/kg Feinsediment (<6,3 mm Korngröße).

#### G 6: Schneiderbach (734–745 m)

Durch Forststraßenbau und Waldnutzung ist dieses Grübenfeld vor zwei Jahrzehnten in seinem Mittelteil stark überprägt worden. Eindeutige Hügel und Abflußrinnen finden sich heute nur noch im Westteil. Das ehemals nahezu 400 m lange und bis zu 30 m breite Vorkommen am Südufer des Schneiderbaches gehört zum glazifluviatilen Lagerstättentyp und hatte eine Fläche von ca. 1,6 ha. Die Goldführung ist hier am geringsten mit 1 Goldkörnchen/5 kg Feinsediment (<6,3 mm Korngröße).

#### G 7: Hartmannsreit (485 m, heutiger Stausee)

Unterhalb der Steinklamm verlangsamt sich die Fließgeschwindigkeit der Gr. Ohe rasch. Sie bildet in den Talsenken bei Hartmannsreit und Schönberg große



Abb 3. Grübenfeld am Grabenwiesbach (G5); Gräben und Hügelketten aus Lockermaterial.

Schotterkörper, die nach alten Berichten auf Gold durchgewaschen worden sein sollen (FLURL 1792: 232). Durch die Anlage eines Stausees entziehen sich die Verhältnisse heute unserer Beobachtung. Von Herrn Dr. LEHRBERGER wurde uns freundlicherweise Material aus der TU-Sammlung (TUM 1342) aus der Gr. Ohe unterhalb des Stausees zur Verfügung gestellt.

#### G 8: Tyrolier Bach (703–706 m)

Das östlichste und zugleich kleinste Seifengoldvorkommen des Untersuchungsgebietes wurde vor einigen Jahren von Elmar Hartl/Freyung am Südrand der Rodunginsel des 1703 gegründeten Hüttenstandorts „Glashütte“ gefunden. Es handelt sich um ein westlich an den Tyrolier Bach angrenzendes, bachparalleles, 120 m langes und bis zu 40 m breites Grübenfeld mit einer Fläche von 0,4 ha. Es gehört wie das Vorkommen G6 zum glazifluviatilen Lagerstättentyp. Nur wenige Meter entfernt, allerdings deutlich davon abgesetzt, stand bis 1840 der alte Quarzpocher: Hier wurde das Haufwerk eines jenseits der heutigen Wiese liegenden Pegmatit-quarzvorkommens (BAUBERGER 1977: 95) für die Glasschmelze zerkleinert. Wegen der räumlichen Nähe ist zu vermuten, daß innerhalb des Grübenfeldes in der Glashüttenzeit ab 1703 Quarznachlese im Gneisschotter betrieben wurde.

Daß es trotzdem ein älteres Goldgrübenfeld ist, spricht sowohl aus der typischen Anlage bachparalleler Gräben und feinsedimentfreier Schotterhügel als auch aus der guten Goldführung (2 Körnchen von 0.1 bis 0.2 mm/kg Feinsediment (<6.3 mm Korngröße)). Der geringe Zurundungsgrad des Goldes läßt auf kurze Transportweiten schließen.

### 3. Zeitliche Einordnung der Seifengoldgewinnung

Die zeitliche Festlegung der Seifengoldgewinnung im Inneren Bayerischen Wald ist relativ schwierig, da archivalische Belege weitgehend fehlen.

PHILIPP APIAN notiert 1568 im Erläuterungstext seiner Landtafel zum Bayerischen Wald das Stichwort „waschwerch“ und fügt hinzu: „*Circum hos rivos arenosa est planicies in eaque plurimae fossae reperiuntur, quae et alia documento sunt, veteres in locis consueta lotione aurum collegisse*“ (zit. nach SEYFERT 1981: 38). Daraus läßt sich kein direkter räumlicher Bezug auf die Grübenfelder im Rachelvorland ableiten, immerhin aber war zu Apians Zeiten die Goldwäsche längst nicht mehr im Gange.

Aktuell ist das Goldwaschen für den Verfasser der von Albrecht IV. gewährten Bergfreiheit für Bodenmais (1477), wenn er Zehentabgaben knüpft an den Fall, daß „*sy in den Seiffen wurden Gold waschen und finden*“ (LORI 1764: 112).

Als zeitnächste Quelle kommt das Herzogs-Urbar (Güterbeschreibung) der Wittelsbacher von 1313 in Frage: „*Item daz Goltwerch zu Pebra (Böbrach), zu Pabenmaizz (Bodenmais) und vor andern vaelden (den Waldungen im Großraum des Bayerischen Waldes), da gab man eteswen von ein markh goldes; wie es nu die amptleut bestiften*“ (Monumenta Boica, Bd. 36/2: 295). SEYFERT (1981: 40) deutet dies so, daß zu Beginn des 14. Jahrhunderts Goldwäscherie betrieben wurde, dann zum Erliegen kam und 1313 wieder Abgaben aus den Goldwerken gezahlt wurden.

Ob die Zeitangaben aus dem Revier Bodenmais-Zwiesel auch für die Grübenfelder des Rachelvorlandes gelten können, läßt sich derzeit nicht sagen. Es ist jedoch wahrscheinlich, daß spätestens in der zweiten Hälfte des 14. Jahrhunderts im Rahmen einer gezielten linearen Erschließung des Grenzgebirges auch hier die Goldwäscherie beginnt. Im Jahre 1356 wurde jenseits der Grenze der Goldwäscherort Innengefeld (Horská Kvilda) an der neu errichteten Salzhändelsstraße zwischen Passau und dem längst etablierten Goldbergbauzentrum Bergreichenstein (Kašperské Hory) gegründet. In einer der fünf Goldseifen des Gebietes (Abb. 1: Vorkommen G<sub>A</sub> bei Außengefeld und G<sub>B</sub>–G<sub>E</sub> bei Innengefeld) konnte Keramik des 14. Jh. (KUDRNÁČ 1973) gefunden werden. Die spektakulären Golderträge jenseits des Rachel-Lusen-Gebirgszuges blieben sicherlich nicht ohne Wirkung auf den diesseitigen Raum.

Als Landgraf Johann I. von Leuchtenberg 1375 das Erbe der Grafen von Hals und damit auch die Herrschaft in unserem Untersuchungsgebiet antrat, war spätestens die Zeit für eine Suche nach den Edelmetallen gekommen. Er gab dem Raum des Inneren Bayerischen Waldes eine Reihe neuer Entwicklungsimpulse. Auf sein Betreiben erhob Kaiser Karl IV. die beiden leuchtenbergischen Märkte Hals und Grafenau zu Städten und protegierte damit den durch unser Arbeitsgebiet führenden, bayerischen Konkurrenzweg („Butterstraße“ von Grafenau nach Innengefeld) zum östlicher gelegenen, etablierten Goldenen Steig (PRAXL 1976) des Bistums Passau. Saumpfade führten in Sichtweite der Goldseifen der Gr. Ohe (Querung des Baches zwischen den Vorkommen G2 und G3) und des Tyrolerbaches vorbei. Die Erschließung neuer Ressourcen war ganz im Sinne der geschäftstüchtigen Land-

grafen (von 1375–1438 im Besitz der Herrschaft Bärnstein/Grafenau), die auch das Bergegal inne hatten. Bis zu den Hussitenkriegen (1420/31) bestanden also ökonomisch günstige Voraussetzungen für Goldwäschen im Rachelvorland.

Die Raumerschließung durch Goldwäscher im südlichen Rachelvorland liegt damit im 14. und Anfang des 15. Jahrhunderts, also deutlich abgesetzt von der Errichtung von Glashüttengütern im Rachelvorland. Diese Erschließungsphase setzt im Arbeitsgebiet erst mit der Gründung der Riedlhütte im Jahr 1452 ein.

Die Gesamtfläche der Goldabbaufelder im südlichen Rachelvorland beträgt 383 000 qm und ist damit halb so groß wie das Goldseifenareal zwischen Zwiesel und Bayerisch-Eisenstein. Rechnet man wie Pošepný (1895: 472) und Martinek (1994: 91) mit einer jährlichen Materialbewegung eines Mannes von 500 cbm und nimmt eine durchschnittliche Abbautiefe von 2 m in den Grübenfeldern an, so ergeben sich aus einer Gesamtmenge von 766 000 cbm bewegten Materials ca. 1500 Jahresarbeitsleistungen.

Geht man beispielsweise von einer insgesamt 50jährigen Betriebsperiode aus, würde dies in unserem Untersuchungsgebiet einen durchschnittlichen Einsatz von 30 Goldwäscherinnen bedeuten. Im Falkenstein-Vorland ergibt sich bei gleicher Kalkulation eine Gesamtzahl von 56 Beschäftigten. Es darf also nicht verwundern, daß die geringen Zahlenkontingente nicht nachhaltig auf die Besiedlung des Raumes wirken konnten.

Reiner et al. (1995: 60) vermuten, daß als Wohnort der Ohe-Goldwäscher die bereits vor der Errichtung des Glashüttengutes Guglöd (1638) auf gleichem Platz existierende Rodungsinsel „Vorderer Schachten“ in Frage kommt. Bei einer Entfernung von 1 bis 2 km zu den nördlich des Gr. Filzes liegenden Goldseifen „Grüben“, „Rehau“ und „Filzwald“ wäre dies plausibel. Mehr kann jedoch derzeit nicht gesagt werden, da wir so gut wie gar nichts über die Organisation dieser Edelmetallsuche und ihre Arbeitskräfte wissen und – im Gegensatz zur tschechischen Seite – jeglicher archäologische Befund fehlt.

#### **4. Die Strudellöcher der Steinklamm/Spiegelau als Schwermineralfallen**

Strudellöcher kommen zusammen mit Felsglättungen in blockreichen Engtalstrecken des grenzübergreifenden Naturraums Bayerischer Wald – Šumava mehrfach (Hauner 1980: 148) vor, etwa bei der Paulsäge/Zwiesel, im Bachbett des Teufelwassers bei 820/835 m Höhe, in der Flanitz bei 795/800 m, im Felsbett des Kl. Regen bei 670 m oder wenige Kilometer unterhalb der Moldautalsperre zwischen Loučovice und Vyšší Brod im Bereich der nach dem Staudammbau (1951–59) weitgehend trocken gelegten Stromschnellen „Čertovy průdy“ (Teufelsschnellen). Nicht minder imposant, sind die vor kurzem bei Geländearbeiten des Lehrstuhls für angewandte Mineralogie und Geochemie der TU München entdeckten Strudellöcher in der Steinklamm bei Spiegelau am Südrand des Nationalparks Bayerischer Wald. Im steilwandigen Taleinschnitt der Großen Ohe sind sie nur bei einem extremen Niedrigwasserstand zugänglich.

Ähnlich den Strudellöchern des Egertales/Fichtelgebirge und des Waldnaabtales/nördlicher Oberpfälzer Wald wären die im Gneis der Steinklamm angelegten

Strudellöcher ein rein geomorphologisches Thema, wenn sie nicht wenige Kilometer unterhalb der Goldseifenserie (G1–G5) der Gr. Ohe liegen würden und als Sedimentfallen der Schwermineralfraktion interessant wären. Diese „pot hole-Lagerstätten“ sind durch hohe Gold- und Edelsteinanreicherungen in Südafrika oder Lunda/Angola (LEGRAND 1981: 139) bekannt geworden.

#### 4.1. Geomorphologische Situation

Unmittelbar am Südrand der Ortschaft Spiegelau verlässt die Gr. Ohe die tertiäre Basisrumpffläche des Inneren Bayerischen Waldes und strebt, tektonisch bedingt, in NW–SE-Richtung direkt dem Vorfluter Donau zu. Infolge der hohen Reliefenergie (50 m Höhenverlust bei 500 m Vertikaldistanz) hat sie sich am Südabbruch der alten Rumpffläche durch fluvioglaziale und fluviatile Erosion in Form eines V-Tales auf 1 km Länge bis zu 100 m eingetieft.



Abb. 4. Flußbett der Steinklamm mit Wasserfällen, an denen es zur Bildung von großen Strudellöchern kommt. Postkarte, frühes 20. Jh.

Zwischen 735 m und 755 m Höhe entstand ein 200 m langer klammartiger Taleinschnitt: Meterhohe Felswände ragen aus dem geglätteten Felsbett der Talsohle empor. Blockhalden reichen von den hoch aufragenden Felsburgen bis zum Felsbett hinab (Abb. 4). Das Felsbett weist in zahlreichen Beispielen den gesamten Formenschatz fluviatiler Erosion auf, also Glättungen, Grundwalzenexkavationen, Fließrinnen, Kolke, „Pseudostrudellöcher“ und echte Strudellocher, um in der Diktion VOLLRATHS (1984) zu bleiben (Abb. 5).



Abb. 5. Gruppe von drei Strudellochern mit 80 bzw. 95 cm Durchmesser am westlichen Prallhang der Steinklamm unterhalb einer überhängenden Blockhalde. Die ursprünglichen Mahlsteine sind auf der Felsplatte oberhalb des ausgegrabenen Strudellochs zu sehen.

Die Abflußverhältnisse wurden in der Steinklamm jedoch durch zwei Maßnahmen verändert. Erstens durch den Ausbau der Gr. Ohe (ab 1835) zu einem Holztriftkomplex. Dabei wurden zur Erleichterung des Flußtransports der Blöcher (Trifthalz) die in der Steinklamm liegenden Felsblöcke entfernt und überhängende Felsplatten abgesprengt, wie Bohrmeißelpuren zeigen. Die Folge ist, daß eine Reihe von Standwalzen sich nicht mehr an jenen Stellen bilden würden, wo eine Reihe großer Strudellocher eingetieft sind. Ein zweiter anthropogener Eingriff erfolgte durch die Anlage eines Wasserkraftwerkes, das der Steinklamm mit einer unterirdischen Tunnelstrecke eine beträchtliche Wassermenge entzieht. In der Klamm liegt die Mittlere Wasserführung im Jahresschnitt heute bei 0.4 cbm/sec. Nach Starkregen im Sommerhalbjahr (mit ein- bis zweitägiger Verzögerung durch das Wasserrückhaltevermögen des Klosterfilzes und des Großen Filzes) und während der Frühjahrsschneeschmelze werden ca. 5–8 cbm/sec erreicht (geschätzt nach einer Mitteilung des Wasserwirtschaftsamtes Passau). Dann ist trotz der Wasserentnahme das gesamte Felsbett tagelang von bis zu 2 m hoch aufschäumenden Wassermassen erfüllt und alle Strudellocher werden aktiviert.

Ihre Anlage geht auf pleistozäne Schmelzwasserphasen zurück. Dies ergibt sich vor allem aus der Tatsache, daß am Westrand der Klamm eine mächtige periglaziale Blockhalde oder ein postglazialer Felssturz zwei der größten Strudellöcher nahezu inaktiviert hat.

#### 4.2. Sedimentfüllung der Strudellöcher

Zur Frage ihrer Entstehung kann auf VOLLRATH (1984) verwiesen werden. Für uns ist interessant, daß im Gegensatz zu den Vorkommen an Eger und Waldnaab die zwei Dutzend „Pseudo-“ und echten Strudellöcher der Steinklamm im anstegenden Fels erodiert wurden und dabei der Fels nicht durchbohrt wurde. Die ehemals sicher vorhandenen durchbohrten Einzelblöcke sind beim Triftausbau entfernt worden. Somit ist keines der noch auffindbaren Strudellöcher jemals inaktiv geworden und der einmal eingeschwemmte Schwermineralanteil blieb in der Falle.

Durch die hohen Wasserstände ist jedes der Strudellöcher mit Wasser bis knapp unter den Rand gefüllt. Die Sedimentfüllung beginnt je nach Lage im Mittelteil oder am Rand der Klamm 30 oder 20 cm unterhalb des Felsrahmens des Strudellochs. Keine der untersuchten Hohlformen zeigt Oxidationsspuren, die Wände der Löcher sind incl. Boden hell und blank geschliffen wie die gesamte Füllung.

Für die Ausbildung der Hohlformen war über längere Zeit eine größere Wassermenge notwendig, wie sie sicherlich spätglazial zur Verfügung stand. Zur Aushöhlung und Vertiefung der Strudellöcher trugen nicht nur die reichlich vorhandenen, gerundeten bis stark gerundeten Sand- und Kieskörner bei, sondern auch faustgroße Mahlsteine aus metatektischem Cordieritgneis (Abb. 5).

Die sedimentführenden Hohlformen in der Steinklamm haben ein vielfältiges Erscheinungsbild. Gumpenartige, mit Sediment gefüllte, halboffene Hohlformen – leeseitige Exkavationen nach VOLLRATH – mit bis zu 2 m Durchmesser und einer Tiefe von mehr als 1,5 m liegen mitten im Wasserbett.

Die „Pseudo-“ und echten Strudellöcher reichen von 10 cm bis 95 cm Durchmesser, wobei sich die größten von ihnen an der Prallhangseite befinden. Das Längsprofil der Strudellöcher ist sehr unterschiedlich. Es gibt Löcher, die an ihrer Öffnung verengt sind und nach unten ihren Durchmesser vergrößern. Der Boden ist in diesen seltenen Fällen durch einen exzentrischen Kegel aufgewölbt. An der Wand ist eine spirale Ringleiste unverkennbar. Dieses Erscheinungsbild ist seltener zu beobachten. Ebenso tritt der umgekehrte Fall auf, daß der Durchmesser zur Tiefe hin abnimmt. Gelegentlich sind sie so nah gruppiert, daß eines mit seiner Röhre in einer größeren Tiefe die Trennwand zum nächsten durchbricht (Abb. 6). Häufig ist jedoch die topfartige Form, die sich mit zunehmender Tiefe etwas verjüngt und eine reagenzglasartige Bodenform aufweist.

Die Ausgrabung mehrerer Strudellöcher ergab nun nicht – wie erhofft – ein klare Schichtung mit Hinweisen auf eine Datierung. Im Gegenteil zeigte sich, daß Strudellöcher im Mittelteil der Klamm bis auf den Grund in 30–50 cm Tiefe rezenten Industrieabfall und Hausmüll (Metallteile, Elektrokabel, Glas, Plastikteile) aufweisen. Schwere Steine und die dichtere Packung der Sandfraktion haben zwar die Tendenz, weiter unten zu liegen, bei höheren Wasserständen wird die gesamte Füllung aber wieder bis zum Grund neu durchmischt. Nur größere, teils gut



Abb. 6. Gruppe von drei Strudellochern in der Steinklamm nach der Freilegung. Zwei Löcher sind über eine durchbrochene Trennwand miteinander verbunden (Inhalt: 38 Goldkörnchen).

zugerundete Glasbrocken aus den Glashütten Riedlhütte und Spiegelau liegen der Kies-/Sandfüllung oben auf.

Die Strömungsverhältnisse in den Strudellochern sind nur schwierig zu erfassen. Sie variieren mit dem Wasserangebot im Bachbett. Fest steht aber, daß eingespültes, spezifisch leichtes Sedimentmaterial aus den Strudellochern weitgehend über die Strömung wieder ausgetragen wird und die Schwerminerale selektiv zurückbleiben. Ähnlich wie in einer Zentrifuge werden die Sedimentpartikel an die Wand gedrückt, wobei leichte Anteile und Grobkies in den oberen 15 cm angereichert, bzw. bei nächster Gelegenheit evtl. nach oben ausgetragen werden. Schwere Teile, vor allem der Sandfraktion sinken zu Boden. Die Turbulenz des Wassers ist jedoch so groß, daß es auch heute noch zur Durchmischung des gesamten Materials selbst im tiefsten Strudelloch kommt.

Bei der Ausgrabung eines 2 m tiefen Strudellochs (mit 80 cm Durchmesser am oberen Rand und 60 cm Durchmesser in 1.8 m Tiefe, Abb. 7) wirkte die Füllung ab einer Tiefe von 20 cm homogen und wegen des hohen Grobsand/Feinkiesanteils auch kompakt. Eine Schichtung war bis zum Grund nicht erkennbar. Allerdings nahm auf den letzten 10 cm über dem exzentrischen Bodenkegel der Schwermineralanteil und damit die Goldführung stark zu. Hier wurden außer 60 Goldkörnern auch einige Quecksilber- und Amalgamkügelchen gefunden. Grünes, gut gerundetes Waldglas in Feinkiesgröße war selbst noch 30 cm über dem Boden des Strudellochs, also in 1.5 m Sedimenttiefe, mehrfach vorhanden. Die Gläser stammen von Kelchen, Böden, sowie Stielansätzen und sind blau, grün, rot, gelb und violett gefärbt. Auch Uranglas wurde gefunden.



Abb. 7. Blick in das 2,0 m tiefe Strudelloch am Westrand der Steinklamm (Abb.5) mit spiralförmig linksdrehender Wandleiste, dem exzentrischen Kegel am Boden und einem 10 cm langen Mahlstein, der im Mittelteil der 1,8 m mächtigen Sedimentfüllung gefunden wurde.

Die Schwermineralkonzentrate, die aus den Strudellöchern gewonnen wurden, haben aufgrund ihres Gehalts rezenter Artefakte ein sehr vielfältiges Erscheinungsbild.

Hauptbestandteil der Schwerminerale ist Ilmenit, daraufhin folgen Granat, Zirkon und Monazit. Ilmenit tritt in den Konzentraten in Form hypidiomorpher Körner auf. Granat findet sich im Konzentrat in rosa bis rot gefärbten Kristallbruchstücken. Zirkon ist in seiner typischen Form als durchsichtige, langprismatische Kristalle nachzuweisen. Weitere Schwerminerale wie Monazit, Rutil, Magnetit sind als Spurenbestandteile enthalten. Die Schwermineralkonzentrate enthalten auch Gold.

## 5. Morphologie der Goldkörner

Alle Goldkörner zeigen typische Deformationserscheinungen, die durch den Transport mit anderem Sedimentmaterial im Bachbett hervorgerufen wurden (Abb. 8). Die teilweise noch gut ausgeprägten Kanten lassen aber noch die ursprüngliche primäre Form erkennen. Dies deutet auf einen kurzen Transport der Goldkörner in der Großen Ohe hin. Die maximale Transportweite der Goldkörner beträgt bezogen auf die Vorkommen am Rachelseebach etwa 10 km.

Man stellt auch fest, daß einige Körner völlig abgeplattet sind. Teilweise erkennt man auf den Körnern Kratzer und Schleifspuren. Die abrasive Wirkung



Abb. 8. Mäßig deformiertes Goldkorn (Korn S2) aus einem Strudelloch der Steinklamm.  
Bildbreite 1 mm.



Abb. 9. Mäßig deformiertes Goldkorn (Korn S9) aus einem Strudelloch der Steinklamm mit Kratz- und Schleifspuren auf der Oberfläche (Myrmekitstruktur im rechten Bildteil erkennbar).  
Bildbreite 0,65 mm.

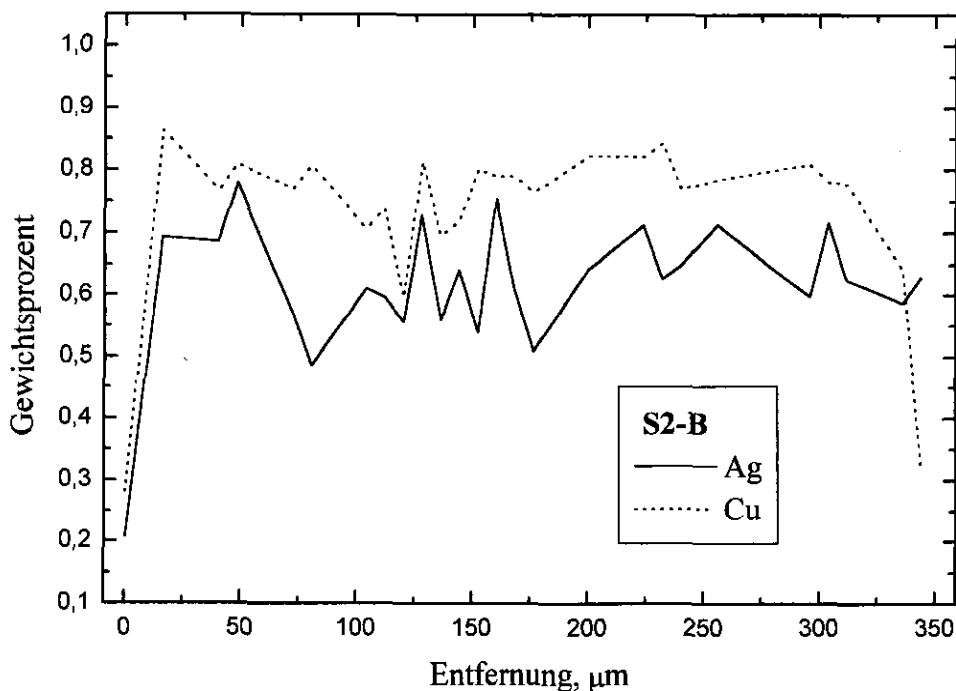
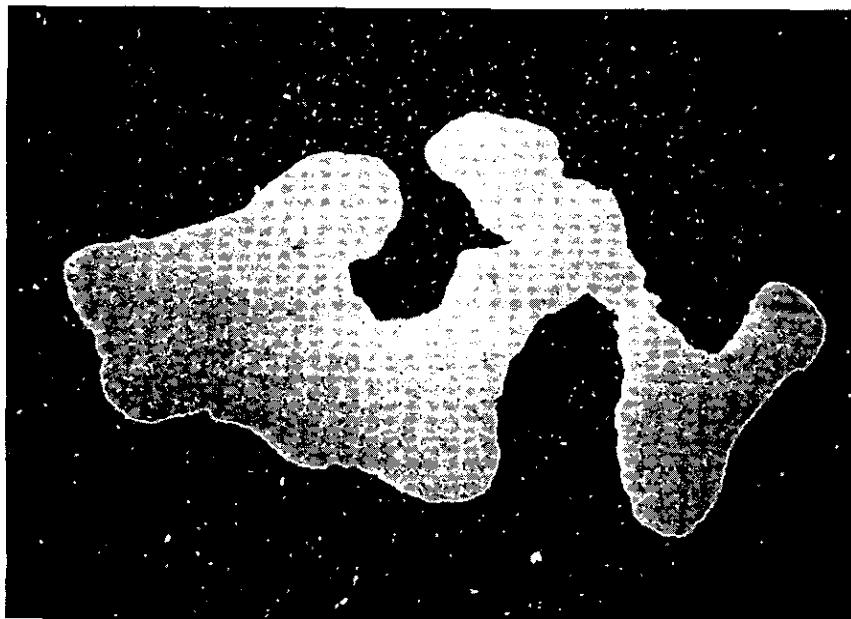


Abb. 10 (oben) Polierter Anschliff vom kompakten Goldkorn S2 (vgl. Abb. 8). Sekundär-elektronenbild, Bildbreite 1 mm. – (unten) Profilmessung durch Goldkorn S2 (Typ A'), Meßpunkte alle 5 µm.

wesentlich härterer Komponenten tritt entweder während des Transports im Bachbett auf oder wird durch die Bewegung im Strudelloch hervorgerufen (Abb. 9).

Die Durchschnittsgröße der Goldkörner beträgt 0.3 mm, wobei etwa 10 % der Körner die Größe von 1 mm erreichen, nur einige wenige größere Exemplare liegen bei ca. 2 mm Durchmesser. Einige Goldkörner zeigen an ihrer Oberfläche einen rostfarbenen Überzug von Eisenhydroxiden.

*Tabelle 1:* Zusammensetzung der untersuchten Goldkörner (in Gewichtsprozent, Standardabweichung; Typ A, A', B, C: siehe Text)

Gebiet	Probe	Au	Ag	Cu	Bi	Typ
G1	11-2	99.33 ± 0.15	0.57 ± 0.10	< 0.1	< 0.1	C
G1	R10-1	94.47 ± 0.28	4.78 ± 0.24	0.72 ± 0.08	< 0.1	A
G1	R11-3	73.90 ± 0.65	26.00 ± 0.60	< 0.1	< 0.1	C
S	S1	99.57 ± 0.19	0.30 ± 0.07	< 0.1	0.12 ± 0.04	C
S	S2	98.54 ± 0.16	0.64 ± 0.10	0.79 ± 0.06	< 0.1	A'
S	S5	99.45 ± 0.41	0.72 ± 0.07	< 0.1	< 0.1	C
S	S9	99.83 ± 0.13	0.81 ± 0.10	< 0.1	< 0.1	C
G7	R3-1	98.52 ± 0.17	1.03 ± 0.08	0.38 ± 0.07	< 0.1	A
	myrm.	99.81 ± 0.15	< 0.1	< 0.1	0.5 ± 0.10	B
G7	R3-2	83.44 ± 0.37	16.51 ± 0.39	< 0.1	< 0.1	C
G7	R6-2	99.74 ± 0.25	0.66 ± 0.06	0.26 ± 0.04	0.17 ± 0.03	A

## 6. Zusammensetzung der Goldkörner

Von 10 Goldkörnern aus 3 verschiedenen Vorkommen wurden polierte Anschlüsse hergestellt (Tab. 1). Die Körner sind im Inneren kompakt (Abb. 10 oben) und nur eine Probe (R3-1, Abb. 11) zeigt randlich ein myrmekitisches Gefüge, wie es von LEHRBERGER et al. (1990) und MARTINEK & LEHRBERGER (1993) aus den Vorkommen des Falkenstein-Gebietes beschrieben wurde. Die Zusammensetzung der Körner wurde mit einer Mikrosonde Camebax SX 50 gemessen. Als Meßbedingungen wurden 25 keV, 40 nA gewählt, als Standards dienten reine Elemente und die Matrixkorrektur wurde mit dem PAP-Programm (POUCHOU & PICHOIR 1984) durchgeführt. Die einzigen Begleitelemente des Goldes, die oberhalb des Spurenelementbereichs nachgewiesen werden konnten, waren Ag, Cu und Bi. Die Meßgenauigkeiten für die Haupt- und Nebenelemente liegen bei 0.5 und 5 rel.-%.

Die Analysen für die mittlere Zusammensetzung der Goldkörner sind in Tabelle 1 aufgeführt und ihre Ag-, Cu- und Bi-Gehalte als Funktion des Au-Gehalts in Abbildung 12 dargestellt. Chemisch können deutlich drei Gruppen aufgrund ihrer Gehalte an Ag, Cu und Bi unterschieden werden. Gruppe C bilden Goldkörner mit Ag als einzigem Legierungsanteil, Cu und Bi liegen unter 0.1 %. Sie zeigen Gehalte zwischen 0.3 und 26.0 % Ag, wobei letztere Probe (R11-3) in das Feld von Elektrum fällt.

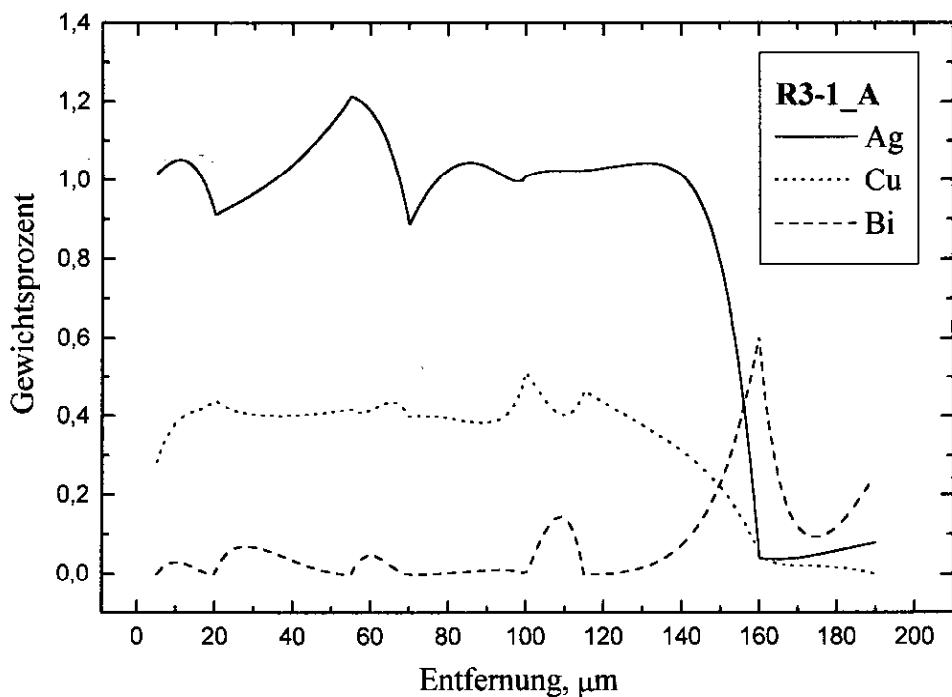
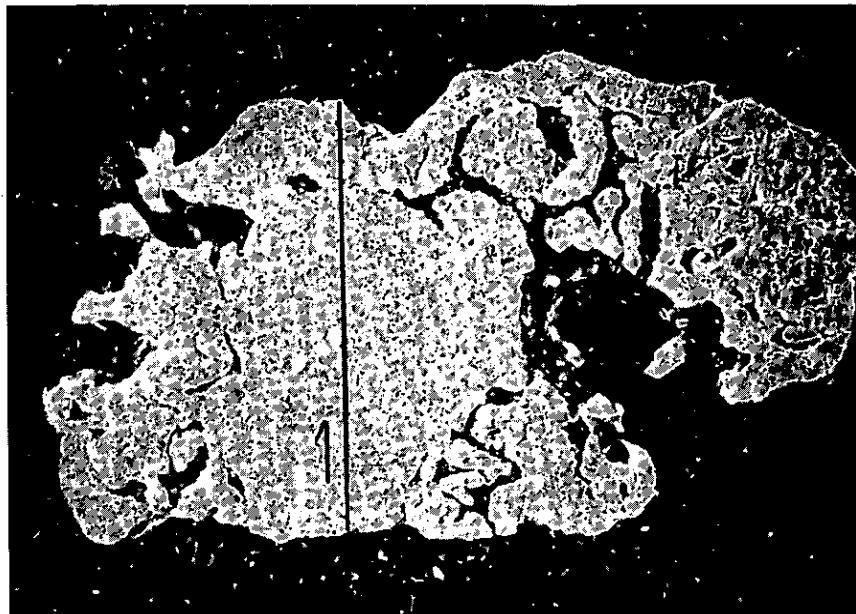


Abb. 11 (oben) Polierter Anschliff des Goldkorns R3-1 aus der Gr. Ohe bei Hartmannsreit. Deutlich sind myrmekitische Strukturen, die mit einem kompakten Goldkorn verwachsen sind. Sekundärelektronenbild, Bildbreite 0,4 mm, Linie = Profilmessung. – (unten) Profil durch Goldkorn R3-1 (Typ A und C). Deutlich ist die Phasengrenze zwischen kompakten Gold und Myrmekit bei 160  $\mu\text{m}$  erkennbar. Meßpunkte alle 5  $\mu\text{m}$ .

Goldkörner dieser Gruppe stellen mit 60 % die häufigsten Vertreter der untersuchten Proben dar. Die Ag-Gehalte sind jedoch nicht homogen in den Goldkörnern verteilt, wie ein Profil durch ein Goldkorn (S5) in Abbildung 13 beispielhaft zeigt. Zu den Rändern hin fällt der Ag-Gehalt von 0.72 % im Kern fast vollständig ab, und es bildet sich eine mehrere  $\mu\text{m}$  breite Außenzone aus reinem Au. Die Verarmungszone reicht 30–40  $\mu\text{m}$  in das Goldkorn und geht in eine schmale Zone über, in der Ag angereichert ist, bevor der homogene Kernbereich erreicht ist. Diese Verteilung ist nicht auf primäre Zonierung oder Festkörperdiffusion zurückzuführen, sondern stellt das Produkt von Lösungsvorgängen im Sedimentationsbereich dar. Wie von GROEN et al. (1990) gezeigt wurde, wird Ag über Liganden in den Oberflächenwässern gebunden und aus Gold gelöst und führt zu den Ag-Verarmungszenen. Elektrochemische Prozesse fällen Au an der Oberfläche wieder aus und führen zu dünnen Bereichen aus reinem Au. Der an die Verarmungszone anschließende Anreicherungsbe- reich von Ag kann jedoch nicht durch Lösungsvorgänge erklärt werden.

Von MARTINEK (1994) wurden solche Anreicherungszonen ebenfalls beobachtet und auf eine primäre Zonierung des Goldkorns zurückgeführt. Bei breiten äußeren Verarmungszenen (mehrere 10er  $\mu\text{m}$ ) sind diese Art der Ag-Profilen sowohl in ihrer Ausdehnung als auch in ihrer Form sehr ähnlich und charakteristisch, da sie gleichermaßen in Proben vom Rachel-, als auch Falkensteingebiets (MARTINEK 1994) auftreten. Ihre Bildung ist daher eine Materialeigenschaft und auf intrakristalline Diffusionsvorgänge von Ag zurückzuführen, die durch intrinsische elektrochemische Prozesse gesteuert werden.

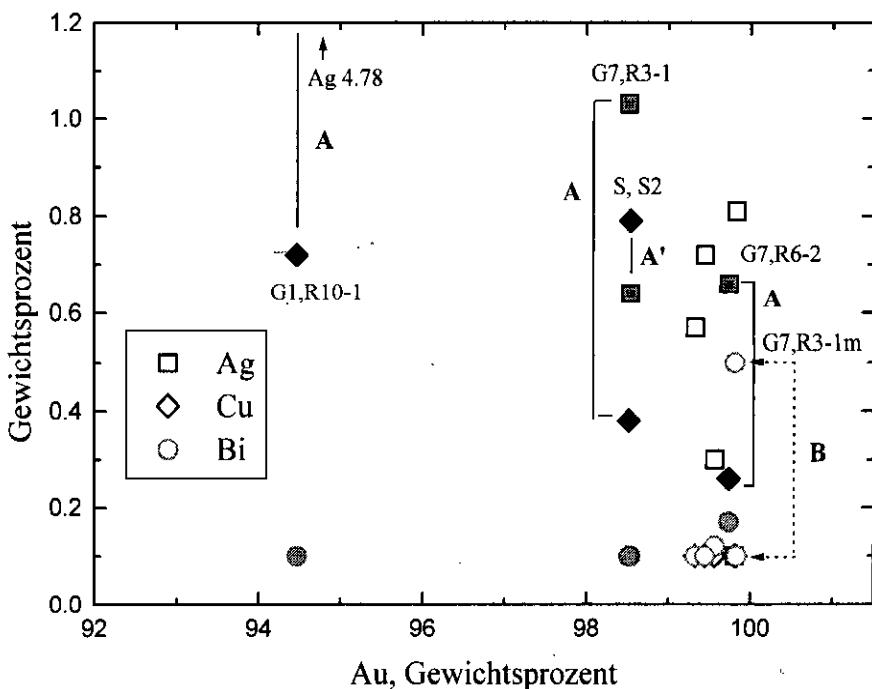


Abb. 12. Gehalte an Ag, Cu und Bi als Funktion des Au-Gehalts der untersuchten Goldkörner. Zusammensetzung siehe Tab. 1. Erläuterungen zu Typ A, A' und C siehe Text.

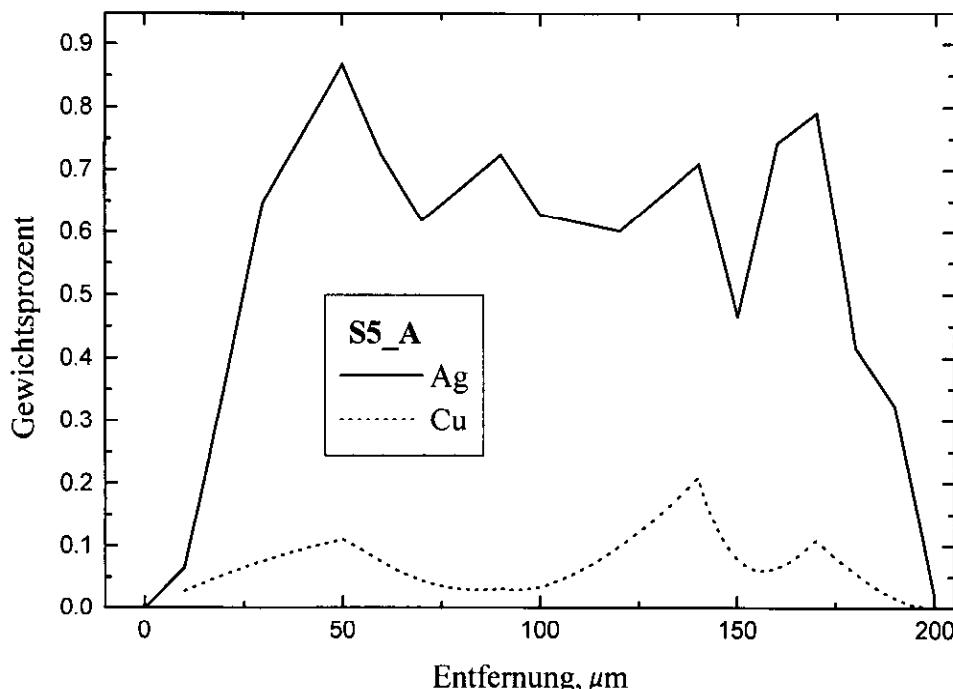


Abb. 13. Mikrosondenmeßprofil durch Goldkorn S5 (Typ C) aus einem Strudelloch der Steinklamm, Meßpunkte alle 5  $\mu\text{m}$ .

Wie Tabelle 1 und Abbildung 12 zeigen, finden sich auch Goldkörner, die erhöhte Gehalte an Cu (bis 0.79 %, Probe S2) bei geringen Gehalten an Bi (bis 0.17 %, R6-2) aufweisen und als Gruppe A bezeichnet werden. Die Gehalte an Ag sind stets größer als die von Cu, nur in einem Goldkorn (S2) übersteigt der Cu-Gehalt den von Ag und wird mit A' in Tabelle 1 und Abbildung 12 bezeichnet. Wie ein Profil durch die Probe S2 in Abbildung 10 unten zeigt, verhält sich Cu wie Ag und ist in den äußeren Bereichen des Korns bis auf eine Tiefe von 15  $\mu\text{m}$  ebenfalls verarmt durch selektive Lösungsprozesse. Solch schmale Verarmungszonen konnten in allen Goldkörnern aus den Strudellöchern der Steinklamm beobachtet werden, und unterscheiden sich dadurch von den Goldkörnern der anderen Proben. Offensichtlich herrschten in den Strudellöchern andere physikalisch-chemische Bedingungen als in den fließenden Oberflächenwässern der Gr. Ohe, die zu geringeren Löslichkeiten von Ag und Cu führten. Goldkörner des Typs A mit höheren Cu-Gehalten sind bisher von anderen Vorkommen im Bayerischen Wald noch nicht beschrieben worden.

Bereits makroskopisch fällt eine dritte Gruppe von Goldkörnern mit myrmekitischem Gefüge auf (Abb. 11 oben), die sich chemisch dadurch auszeichnet, daß neben geringen Gehalten an Bi keine weiteren Elemente finden. Diese nahezu reinen Goldkörner werden als Typ B in Tabelle 1 und Abbildung 12 bezeichnet. Die Probe R3-1 stellt eine Verwachsung eines Cu-haltigen Goldkorns vom Typ A mit einem myrmekitischen Goldkorn dar. Abbildung 11 unten zeigt das Profil über die Phasengrenze. Nahe der Phasengrenze zum Myrmekit fällt der Ag- und Cu-Gehalt

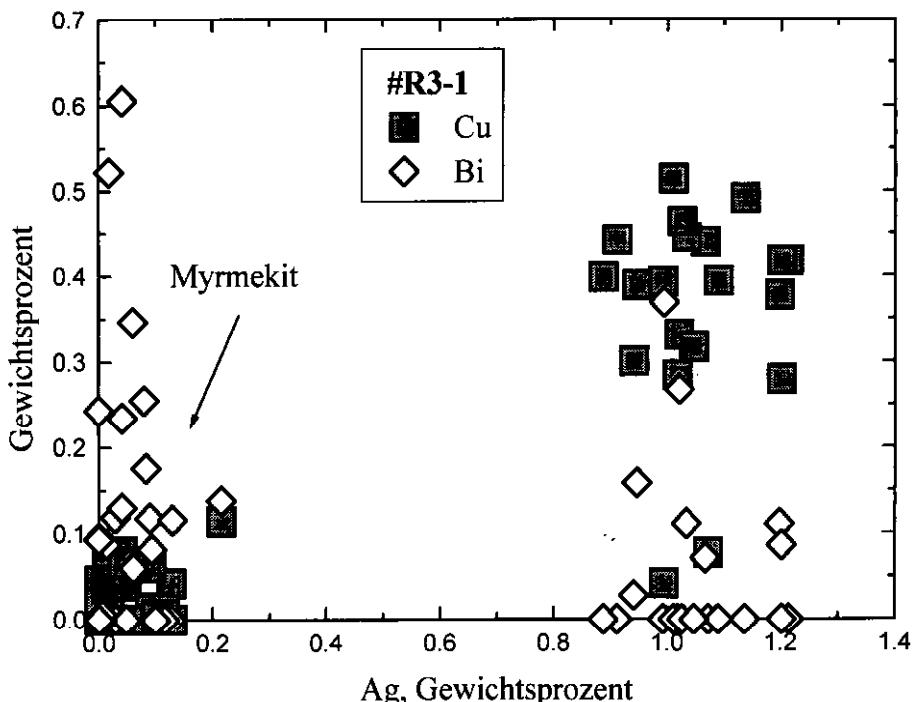


Abb. 14. Cu- und Bi-Gehalte in Abhängigkeit des Ag-Gehalts in Probe R 3-1. Deutlich abgegrenzt sind die Myrmekite mit hohen Bi-, aber vernachlässigbaren Ag-Gehalten.

im kompakten Goldkorn stark ab, während es an der Phasengrenze zu einer Anreicherung von Bi auf 0.6 % kommt. Wie Abbildung 14 zeigt, ist der Bi-Gehalt negativ mit dem Ag- und Cu-Gehalt korreliert und stützt die Beobachtungen von LEHRBERGER et al. (1990) und LEHRBERGER & MARTINEK (1996), die die Myrmekite als Zerfallsprodukt von ehemaligem Maldonit ( $Au_2Bi$ ) interpretieren. Die Hochtemperaturphase Maldonit zerfällt zu Au+Bi in einem myrmekitischen Gefüge. In Oberflächenwässern wird Bi selektiv gelöst und übrig bleibt Au mit geringen Spuren an gelöstem Bi. Der ursprüngliche Maldonit hatte keine Cu-Gehalte und nur sehr minimale Ag-Gehalte in Koexistenz mit Cu- und Ag-haltigem Gold, wie die Elementverteilungsmuster in Abbildung 15 a-d belegen. Während in vergleichbaren Goldvorkommen im Moldanubikum Myrmekite relativ häufig beobachtet wurden (LEHRBERGER et al. 1990; MARTINEK 1994), scheinen sie im Rachelgebiet seltener aufzutreten, obwohl in beiden Gebieten die Rahmengesteine Cordierit-Sillimanit-Gneise sind.

## 7. Herkunft des Goldes

Über die Herkunft des Goldes in den beschriebenen Lokalitäten können zur Zeit noch keine gesicherten Aussagen getroffen werden, da lagerstättenkundliche Untersuchungen in diesem Teil der böhmischen Masse bisher nicht durchgeführt wurden. Das bisher noch nicht beobachtete Vorkommen von Cu-haltigen Goldkörnern des Typs A, bzw A' belegt, daß in der ursprünglichen Paragenese Cu-Sul-

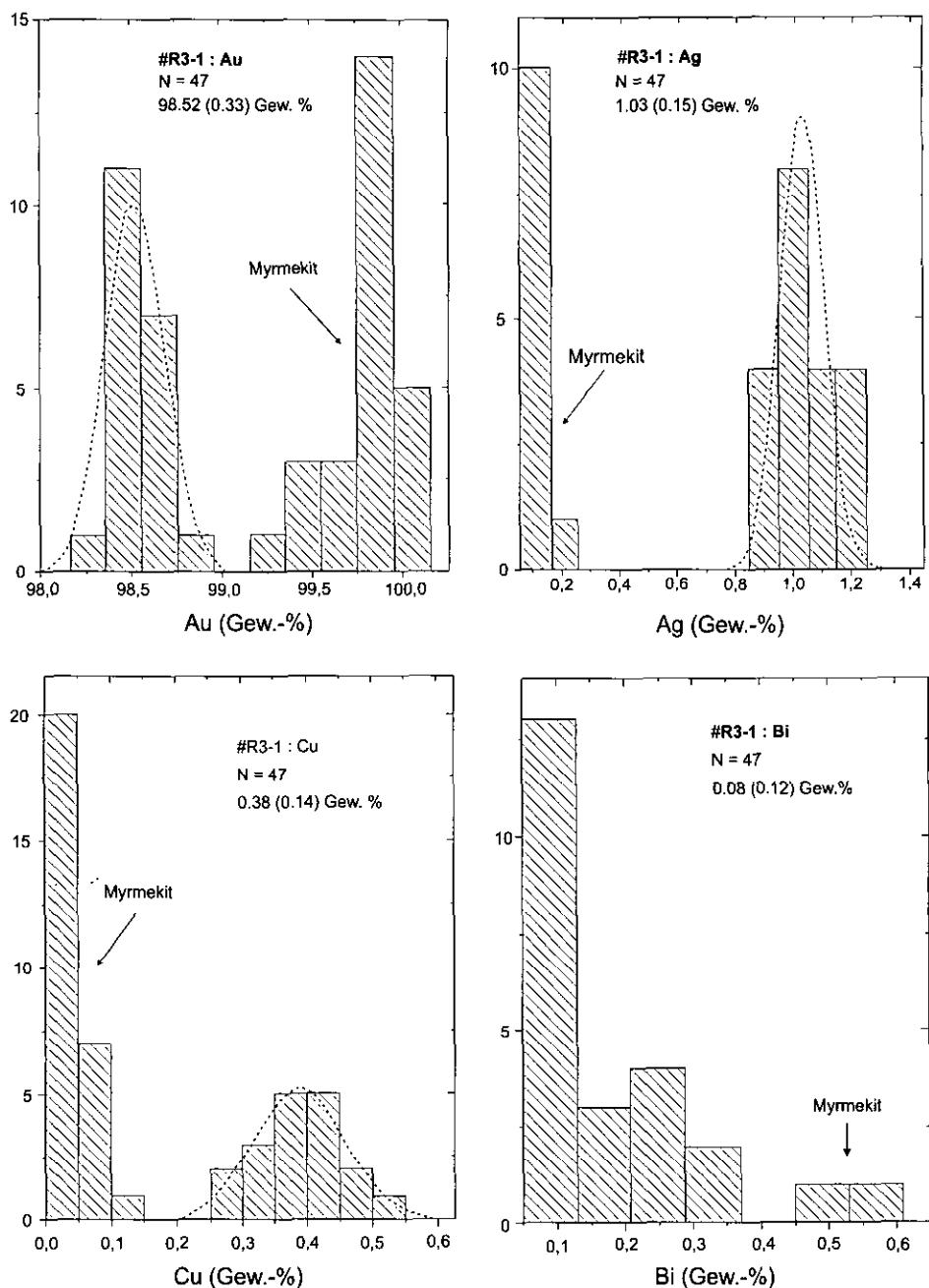


Abb. 15a-d. Elementverteilungen von Au, Ag, Cu und Bi in R3-1. Deutlich abgegrenzt sind die Myrmekite vom kompakten Gold des Typs A.

fide vorhanden gewesen sein müssen. Auf Grund des chalkophilen Charakters von Cu wird es bevorzugt in Sulfide eingebaut und nur bei hohen Cu-Gehalten im Bulk-Chemismus findet es sich auch als Legierungsanteil in Gold.

LEHRBERGER et al. (1990) untersuchten eine Au-As-Bi-Vererzung in Cordierit-Sillimanit-Gneisen bei Oberviechtach und fanden in Quarzmobilisaten Gold in Paragenese mit Chalkopyrit neben Pyrit und Pyrrhotin, während in den Gneisen Gold meist mit Arsenopyrit und Löllingit vergesellschaftet ist. Es lassen sich auch Vergleiche mit böhmischen Goldvorkommen heranziehen (MORÁVEK & LEHRBERGER, dieser Band). Demnach würde der Lagerstättentyp II-3 (stratiforme und metamorphogene Goldlagerstätten in hochmetamorphen Gneisen: Moldanubischer Typ (Typ Bergreichenstein)) die größte Übereinstimmung mit der Geologie im Umfeld der beschriebenen Vorkommen aufweisen. Hochgradig metamorphe Sedimente sind mit Pyrit, Pyrrhotin, Arsenopyrit, Löllingit, Molybdänit, Bi-Te-Mineralen und häufig auch Scheelit feinverteilt vererzt. Ähnliche Verhältnisse liegen auch im beschriebenen Gebiet unterhalb des Rachels vor. Die Beobachtung, daß die Vererzung feinverteilt und parallel zum stofflichen Lagenbau auftritt, unterstützt die Vorstellung einer synsedimentären Vererzung. Abtragungsvorgänge reicherten schließlich Gold im oberflächennahen Bereich in Form sekundärer Goldseifen an.

Die positive Korrelation von Cu mit Ag in den Goldkörnern weist darauf hin, daß in der ursprünglichen Paragenese offensichtlich auch Cu-Ag-Sulfide vorhanden waren. Diese Minerale sind in der Regel an hydrothermale Gänge gebunden und deuten möglicherweise auf zwei unterschiedliche primäre Goldparagenesen hin. Ein Zusammenhang der Goldführung in der Großen Ohe mit einem stratiformen Sulfidvorkommen in der Rachelseewand (BLENDINGER & WOLF 1971) konnte bisher nicht nachgewiesen werden. Die rotbraun verwitterten Gneise unterhalb des Rachelsees weisen zumindest auf eisenreiche Biotite und Arsenopyrit hin.

## 8. Literatur

- APIAN, P. (1568): Bayerische Landtafeln. – Ingolstadt, Faksimileausgabe, 1989, München (Bayer. L.-Verm.-Amt).
- BAUBERGER, W. (1977): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 7046 Spiegelau und Blatt Nr. 7047 Finsterau, Nationalpark Bayerischer Wald. – 183 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- BLENDINGER, H. & WOLF, H. (1971): Die Magnetkieslagerstätte Silberberg bei Bodenmais und weitere Erzvorkommen im Hinteren Bayerischen Wald. – Aufschluß, Sonderh., 21: 108–139, Heidelberg, (VFMG).
- FLURL, M. (1792): Beschreibung der Gebirge von Baiern und der oberen Pfalz, 642 S., 1 Kt., München (Lentner).
- GROEN, J. C., CRAIG, J. R. & RIMSTIDT, J. D. (1990): Gold-rich rim formation on electrum grains in placers. – Canad. Mineral., 28: 207–228, Ontario.
- HAUNER, U. (1980): Untersuchungen zur klimagesteuerten tertiären und quartären Morphogenese des Inneren Bayerischen Waldes (Rachel-Lusen) unter besonderer Berücksichtigung pleistozäner kaltzeitlicher Formen und Ablagerungen. – Regensburger Geogr. Schr., 14: 198 S., Regensburg; sowie in: Nationalpark Bayer. Wald, 6: Eiszeitliche Formen und Ablagerungen, 198 S., Grafenau.

- KUDRNÁČ, J. (1973): Dávná rýzoviště zlata u Horské Kvildy na Šumavě [Alte Goldscifen bei Horská Kvilda im Böhmerwald]. – Archaeol. rozhledy, **25**: 218–221, Praha.
- KUDRNÁČ, J. (1977): Prähistorische und mittelalterliche Goldgewinnung in Böhmen. – Der Anschmitt, **29**: 2–15, Bochum.
- LEGRAND, J. (1981): Der Diamant. – 287 S., Freiburg.
- LEHRBERGER, G., PREINFALK, C., MORTEANI, G. & LAHUSEN, L. (1990): Stratiforme Au-As-Bi-Vererzung in Cordierit-Sillimanit-Gneisen des Moldanubikums bei Oberviechtach-Unterlangau, Oberpfälzer Wald (NE-Bayern). – Geologica Bavarica, **95**: 133–176, München.
- LEHRBERGER, G. & MARTINEK, K.-P. (1996): Metamorphe Goldvererzungen und assoziierte Seifenlagerstätten im Moldanubikum des Bayerischen Waldes und südlichen Böhmerwaldes. – In: OBERMÜLLER, T. [Hrsg.]: Mineralien und Lagerstätten des Bayerischen Waldes. Tagungsbd. z. VFMG-Sommertagung, 179–197, Kötzing.
- LORI, J. G. (1764): Sammlung des Bayerischen Bergrechts nebst Einleitung in die Bayerische Bergwerksgeschichte. – 112 S., München.
- MARTINEK, K.-P. & LEHRBERGER, G. (1993): Morphologie und chemische Zusammensetzung von Seifengold aus dem Falkensteinmassiv bei Zwiesel (Bayerischer Wald). – Eur. J. Mineral., **5**, Beih. 2: 229, Stuttgart.
- MARTINEK, K. P. (1994): Mineralogisch-lagerstättenkundliche Untersuchungen an den Goldvorkommen zwischen Zwiesel und Bayerisch-Eisenstein, Bayerischer Wald. – Unveröff. Dipl.-Arb., TU München, 139 S., Garching.
- MORÁVEK, P. et al. (Aut.-Koll., 1992): Zlato v Českém masívu [Gold in the Bohemian Massif]. – 245 S., Prag (Czech Geol. Surv.).
- PoŠEPNÝ, F. (1895): Die Goldvorkommen Böhmens und der Nachbarländer. – Arch. f. pract. Geol., **2**: 484 S., Freiberg.
- POUCHOU, J. L. & PICHOIR, F. (1984): A new model for quantitative X-ray microanalysis. Part I: Application to the analysis of homogeneous samples. – Rech. Aéros., **3**: 13–38, o. O.
- PRAXL, P. (1968): Die Geschichte. – In: Der Landkreis Wolfstein [Hrsg. Heimatkundlicher Arbeitskreis Wolfstein], 31–136, Passau.
- PRAXL, P. (1976): Der Goldene Steig. – 111 S., Grafenau (Morsak).
- REINER, L. et al. (1995): Die vergessenen Berufe der Glashütten im Bayerischen Wald. – Schrif. des Heimatver. Ohetal Riedlhütte, **4**: 338 S., Riedlhütte.
- SEYFERT, I. (1981): Der Abbau von Erz- und Quarzvorkommen im Bereich des Nationalparks Bayerischer Wald. – Aufschluß, Sonderbd., **31**: 33–47, Heidelberg (VFMG).
- VOLLRATH, H. (1984): Erosionsformen des Granits in Nordostbayern. – 31. Bericht des Nordoberfr. Ver. f. Natur-, Geschichts- und Landeskdl., 104 S., Hof.

Manuskript bei der Redaktion eingegangen am 24. 6. 1997.

# Die Goldgewinnung aus eluvialen und alluvialen Goldvorkommen im Moldanubikum bei Haidmühle und Bischofsreut, Bayerischer Wald

Von ELMAR HARTL, GEORG WIMMER und GERHARD LEHRBERGER

Mit 5 Abbildungen

## Kurzfassung

Am Oberlauf der Kalten Moldau und deren Zuflüssen westlich von Haidmühle im Inneren Bayerischen Wald direkt an der Grenze zur Tschechischen Republik treten an sechs Stellen Spuren der ehemaligen Goldgewinnung auf. Durch Schwermineraluntersuchungen an Bachsedimentproben konnte Gold als einziges Wertmineral nachgewiesen werden.

Der geologische Rahmen des Untersuchungsgebietes besteht aus hochmetamorphen Gneisen der monotonen Serie des Moldanubikums und drei verschiedenen Typen variszischer Granite. Die Abbauspuren liegen in einer Kontaktzone zwischen den Gneisen und Graniten. Die primären Goldvorkommen sind aufgrund regionaler Vergleiche mit anderen Goldvorkommen in den Gneisen zu vermuten.

Wie an anderen Lokalitäten im Bayerischen Wald wurden die Abbauspuren der Goldgewinnung früher als Gebilde der quartären Vereisung fehlinterpretiert. Die Kartierung der Bodenformen, die Schwermineralanalyse, sowie archivalische und archäologische Untersuchungen konnten die anthropogene Entstehung zweifelsfrei belegen.

Das Gold tritt in gering deformierten und somit nur kurz transportierten Körnern bis über 1 mm Größe auf. Die auffälligste Form zeigt eine schwammartige Struktur, die auf eine Gold-Bismut-Verwachsung in der primären Vererzung hindeutet.

Die Abbauspuren haben eine besondere Bedeutung, da sie unmittelbar an einem bis in die Prähistorie zurück bekannten Handelsweg aus dem Alpenvorland nach Böhmen liegen, der später als „Goldener Steig“ bezeichnet wurde. Die Namengebung hat nachweislich keinen Bezug zur ehemaligen Goldgewinnung im Bayerischen- und Böhmerwald.

Wahrscheinlich geht die Goldgewinnung bei Haidmühle bis in das 10. Jahrhundert zurück, Archivalien belegen eine weitere Bergbauaktivität im 16. Jahrhundert. Archäologische Funde im Einzugsbereich der Bergbauspuren belegen menschliche Aktivitäten ebenfalls im genannten Zeitraum. Auch in den Flurnamen wie „Goldgruben-Hang“ hat sich die Goldgewinnung bis heute überliefert.

Die ersten Untersuchungsergebnisse über die Goldvorkommen können Geowissenschaftler wie Montanarchäologen nur zur weiteren Erforschung dieses zwar abgelegenen, aber hochinteressanter Gebietes ermuntern.

## Abstract

In the mountain range along the Czech-German border west of Haidmühle in the Inner Bavarian Forest six sites were found with traces of former placer gold workings. Heavy mineral analyses proved gold contents in the sediments of small creeks and the “Kalte Moldau” river, which is one of the headstreams of the famous Moldau (Vltava).

The regional geological units consist mainly of metapelitic gneisses of the so-called “Monotonous Group” of the Moldanubicum zone of the Variscan orogen. The metamorphic rocks

were intruded by different types of almost porphyric granitoids. The gold occurrences are located near the contact of granites and gneisses, but are presumably derived from primary sources in the gneisses.

As in other localities in the Bavarian Forest mountains the traces of the gold mining were formerly misunderstood as formations during the Quaternary glaciation. The mapping and characterisation of the mining traces as well as heavy mineral investigations, archeological and archive studies revealed the human origin of the mentioned areas.

Gold occurs as almost undeformed free gold grains, which indicate a relatively short transport. The grain size of the gold particles rarely exceeds 1 mm. The most characteristic shape of bigger gold grains is that of a sponge, which can be interpreted as a result of selective weathering of bismuth from a former myrmecitic intergrowth of both metals as known from many other sites in the Bohemian Massif.

There is evidence, that gold mining goes back as far as the 10<sup>th</sup> century. Documents from archives report mining activities in the early 16<sup>th</sup> century. Archeological ceramic finds prove the dating based on documents. Local names such as "Goldgruben-Hang" (gold mine slope) have preserved the information about the former gold mining until today.

The first results of the investigations on gold mineralisations and old workings in the region around Haidmühle should be a motive for further activities in this remote, but very interesting area.

## Inhalt

1. Einleitung .....	328
2. Geographische Lage und geologischer Rahmen .....	330
3. Das Problem der Moränen und des Firneisgrundschuttes .....	330
4. Verteilung von Gold in den Bachsedimenten .....	331
5. Form und Zusammensetzung des Goldes .....	332
6. Kurzbeschreibung und Deutung der Bergbauspuren .....	333
6.1. Goldgruben-Bach .....	333
6.2. Kalte Moldau oder Altwasser .....	334
6.3. Weberau-Bach .....	334
6.4. Namenloses Bächlein zw. Eiben-Berg und Ohmühlerraumreut .....	334
6.5. Hütten-Bach .....	334
6.6. Ohmüllerseuge und Zulauf .....	334
7. Entstehung der Grübenfelder .....	335
8. Zur Geschichte der Goldgewinnung bei Haidmühle .....	336
8.1. Flurnamen .....	336
8.2. Siedlungsgeschichte und Goldener Steig .....	336
8.3. Zeitliche Einstufung der Goldgewinnung aufgrund von Archivalien .....	338
8.4. Archäologische Befunde und Möglichkeiten .....	340
9. Schlußbetrachtung .....	342
10. Literatur .....	343

## 1. Einleitung

Wer aufmerksam durch die Wälder zwischen dem Haidel-Berg und Haidmühle geht, dem wird auffallen, daß dort die Natur nicht so unberührt ist, wie man es von den höheren Lagen des Bayerischen Waldes erwartet. Man stößt auf Triftkanäle, lange Bewässerungs- bzw. Entwässerungsgräben, Anhäufungen von Feldsteinen in Haufen und Reihen, Reste von Viehweiden, den sog. Raumreuten, alte Wege

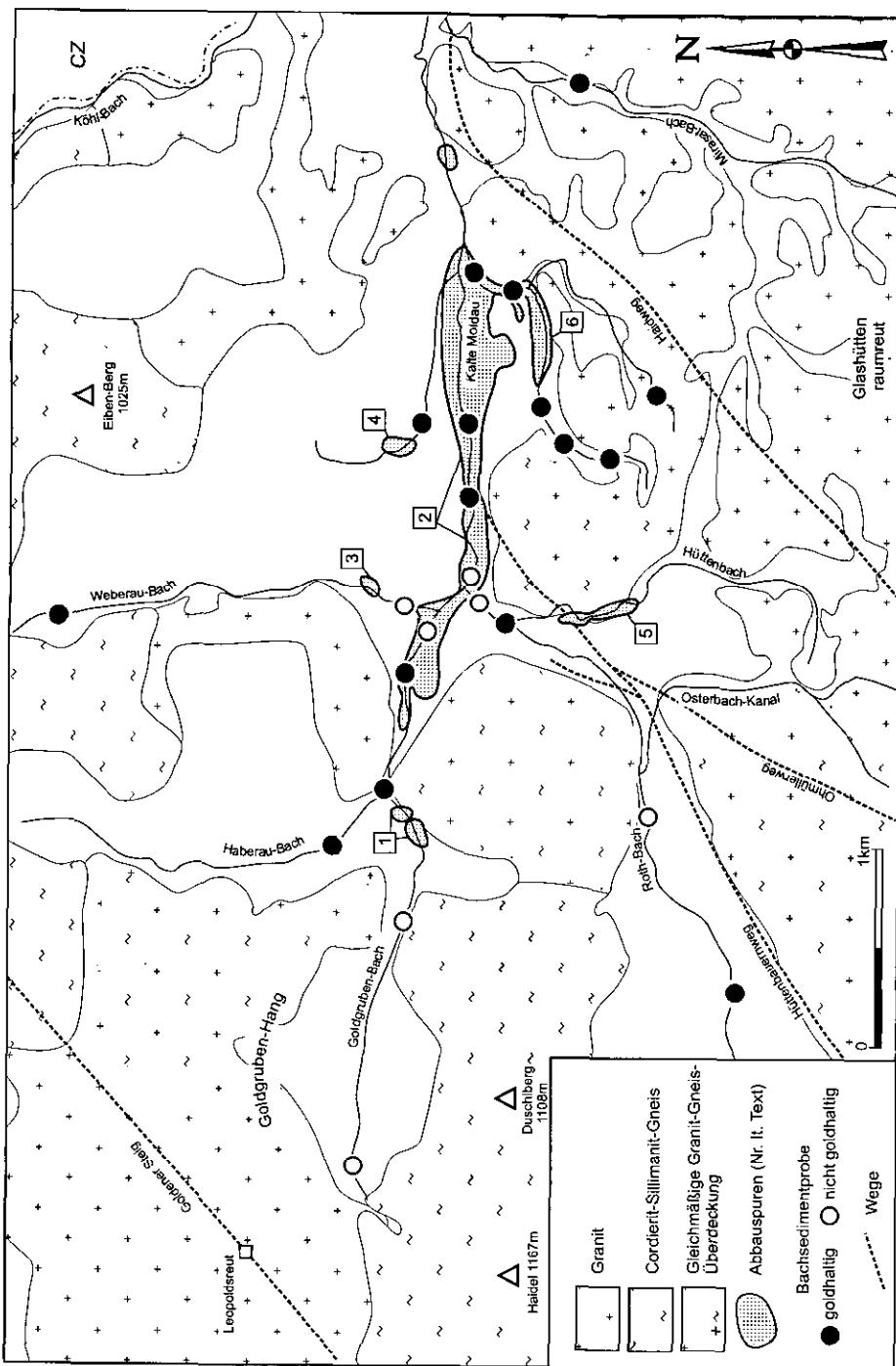


Abb. 1. Geol. Übersichtskarte mit Lage der Abbauspuren und Probepunkte der Bachsedimentprospektion.

und Steige. Die bedeutendsten Bodendenkmäler in diesem Gebiet sind aber die Grübenfelder an der Kalten Moldau, deren Altwasser und ihren Zuflüssen. Selten sind diese Bergbauspuren so gut erhalten wie hier. Teilweise ist es zwar schwierig, ihre Ausdehnung wegen des dichten Bewuchses genau festzustellen. Bei manchen Hügeln und Senken kann man nicht eindeutig beurteilen, ob es sich um Bergbauspuren oder um die Reste von riesigen Windwurfflächen handelt. Es ist anzunehmen, daß noch weitere Bergbauspuren in dem großen Waldgebiet entdeckt werden.

## 2. Geographische Lage und geologischer Rahmen

Das Untersuchungsgebiet liegt direkt an der Grenze zur Tschechischen Republik im Quellgebiet der Kalten Moldau. Das Gebiet gehört geologisch zur monotonen Serie des Moldanubikums, deren petrographische Details in einer aktuellen geologischen Karte im Maßstab 1 : 25 000 von OTT (1988) dargestellt sind. Die Gesteinsabfolge des Raumes wird überwiegend von Cordierit-Sillimanit- und Glimmergneisen aufgebaut, die von variszischen Graniten intrudiert wurden. Im Bereich der ehemaligen Goldgewinnung am Oberlauf der Kalten Moldau grenzen die Gneise von Osten an den Hadelgranit im Westen und den Haidmühler Granit im Süden (Abb. 1). OTT kartierte in dieser Kontaktzone große Flächen mit Granit, der von Gneis durchsetzt sein soll. Aufgrund eigener Geländebegehungen der Autoren besteht der Verdacht, daß wenigstens in einigen Bereichen der Gneis dominiert und dieser möglicherweise von Granitgängen durchzogen ist. Gerade die Umgebung der Abbauspuren der historischen Goldgewinnung müßte zur genaueren geologischen Einstufung einer Detailkartierung unterzogen werden.

## 3. Das Problem der Moränen und des Firneisgrundschuttes

Bereits PRIEHÄUSSER (1930) hat dieses Gebiet als typische Lokalität für seine „Grübenbildung“ im Firneisgrundschutt genannt. OTT (1988: 54f.) schließt sich der Interpretation einer weitgehenden Bedeckung der Talböden mit Grundmoränen an. Er beschreibt auch „Seitenmoränen“ in der Kiesau und in der anschließenden Marderau. Angeblich enden die Moränen abrupt bei der Ohmüller-raumreut. Nach OTT soll die Endmoräne wegerodiert sein und das Material für die „Gruben“ bilden. Die Kartierung der Bergbauspuren im Rahmen dieser Untersuchung zeigt jedoch, daß weite Areale, die von OTT als „Moränenfelder“ kartiert wurden, eindeutig als bergbauliche Eingriffe in ursprünglich „normale“ Talfüllungen zu betrachten sind.

OTT (1988: 113) interpretiert das Grübenfeld in der Kiesau nur „halbherzig“ als Rest der Quarzgewinnung, widerspricht allerdings bezüglich der Genese der „Gruben“ der PRIEHÄUSSERSCHEN Meinung deutlich. Lediglich die Hügel und Gräben an der Lokalität „Gruben“ deuten nach OTT auf die Goldgewinnung hin, der er insgesamt gegenüber der Quarzgewinnung größere Bedeutung beimißt.

Bezüglich des Alters der Talfüllung stellt OTT (1988, 57f.) fest, daß zwar die Anlage der Täler im wesentlichen im Tertiär erfolgte, die mehrphasige Auffüllung

bzw. teilweise Wiederausräumung überwiegend im Quartär erfolgte. Nach den Untersuchungen des Geologischen Landesamtes bestehen die Talfüllung aus schluffig-tonigen bis groben Sanden und Kiesen sowie Schottern, die in Wechsellagerung vorliegen. Die Mächtigkeit der Talfüllungen soll 5 m nicht überschreiten, meist jedoch geringer sein.

#### 4. Verteilung von Gold in den Bachsedimenten

Die Goldführung und -herkunft lässt sich in dem orographisch gut abgegrenzten Gebiet des Oberlaufes der Kalten Moldau durch Untersuchungen an Schwermineralkonzentraten von Bachsedimentproben feststellen. Bei der Beprobung wurden besonders Gebiete mit Bergbauspuren berücksichtigt. Die Probepunkte und die Goldführung der Sedimentproben sind in Abb. 1 dargestellt. Aus der Kalten Moldau und ihren Zuflüssen Roth-Bach, Weberau-Bach, Haberau-Bach, Goldgruben-Bach, Mirasat-Bach, Ohmüllerseuge und den Wassergräben am Bärenfilz und am Hirsch-Berg wurden die Proben entnommen. Die Probennahme der Bachsedimente und Verarbeitung der Schwermineralkonzentrate erfolgte nach dem von LEHRBERGER (dieser Band) beschriebenen Verfahren.

Bei der Probennahme war eine deutliche vertikale Zonierung der Goldführung im Sediment festzustellen. Bis zu einer Tiefe von 40 bis 80 cm konnten im Bachbett meist nur relativ kleine Goldkörnchen unterschiedlichen Rundungsgrades gefunden werden. Erst unterhalb dieser Tiefe wurde Material mit größeren Goldkörnern nachgewiesen. Die ehemaligen Goldabbaue dürften also auch auf die Goldführung der tieferen Schotterhorizonte angelegt gewesen sein, was auch eine Erklärung für die großen Mengen an Haldenmaterial liefert. Die höheren Horizonte dürften aufgrund von Holzfunden sowie Ton- und Glasscherben ein relativ junges Alter aufweisen und somit schnell sedimentiert worden sein, wodurch keine intensive alluviale Goldanreicherung erfolgen konnte. Die starke junge Aufschotterung kann im Zusammenhang mit den Rodungen seit dem Mittelalter stehen.

Betrachtet man die räumliche Verteilung von Gold im geologischen Zusammenhang des Untersuchungsgebietes (Abb. 1), so zeigt sich die enge Bindung der höchsten Goldgehalte an die Abbauspuren (Grübenfelder) und deren direktes Umfeld. Andererseits führt der „Goldgrubenbach“ mit seinem vielversprechenden Namen im Bereich des „Goldgruben-Hangs“, also im Oberlauf, sehr wenig Gold. Die höchsten Goldgehalte treten erst unterhalb der Einmündung des Haberaubaches auf, der somit vermutlich die größte Menge des Goldes zuliefert.

Die Bäche mit den höchsten Goldgehalten, der Haberau-Bach, der Weberau-Bach und der unbenannte Bach westlich des Bärenfilzes, entspringen alle im Cordierit-Sillimanit-Gneis bzw. in mit Gneis durchsetztem Granit. Auch der Bach Ohmüllerseuge könnte sein Material im wesentlichen aus dem Gneis beziehen, da dort die geologische Kartierung von überwiegend Granit sehr fraglich erscheint.

Bäche wie der Roth-Bach mit geringer Goldführung entspringen typischerweise in Gebieten, in denen überwiegend Granit ansteht.

Die Goldführung entstammt aufgrund dieser Beobachtungen wohl überwiegend den großen Gneisarealen am Eiben-Berg, am Gr. Lichten-Berg und am Sulz-Berg.

Da bisher weder geochemische, noch detaillierte geologische und mineralogische Untersuchungen zur Herkunft des Goldes durchgeführt werden konnten, lassen sich die primäre Goldvorkommen nicht eindeutig lokalisieren und beschreiben. Der häufigste Bereich ist dabei der Oberlauf der Ohmüllerseuge, wo sich die Abbauspuren vermutlich auf ein eluviales oder gar primäres Goldvorkommen beziehen.

## 5. Form und Zusammensetzung des Goldes

Alle aus den Bachsedimentproben separierten Goldkörner weisen eine unregelmäßige, nierige Form mit zahlreichen Eindellungen und Ausbuchtungen auf. In einzelnen Fällen konnten sogar Kristallflächen an den Seifengoldkörnern beobachtet werden. Es ist somit bereits aufgrund der Morphologie ein weiter Transport der Goldkörner auszuschließen. Selbst angerundete Körner lassen noch deutliche Strukturen der ehemaligen Verwachsung mit anderen Mineralen erkennen. Diese Verwachsungen konnten vor allem im Bereich der Ohmüllerseuge und im Bach westlich des Bärenfilzes beobachtet werden.

Betrachtet man die Goldkörner unter dem Rasterelektronenmikroskop und in polierten Anschliffen von Streupräparaten, so zeigen sich die, bereits von Lokalitäten in der Oberpfalz (LEHRBERGER et al. 1990), im Bayerischen Wald (LEHRBERGER & MARTINEK 1996) und in Böhmen (MORÁVEK et al. 1992) bekannten myrmekitischen Detailstrukturen (Abb. 2 u. 3). Diese schwammartigen Strukturen lassen auf eine ehemalige Verwachsung von gediegen Gold und gediegen

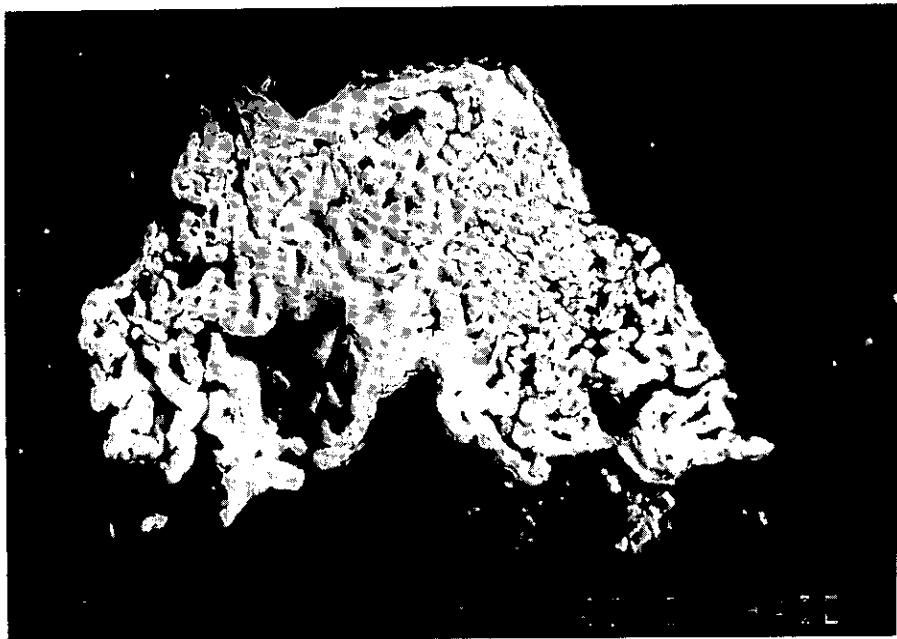


Abb. 2. Myrmekitisches Goldkorn aus dem Bachsediment der kalten Moldau im Bereich „Gruben“. Polierter Anschliff im Rasterelektronenmikroskop. Maßstabsbalken 0,1 mm.

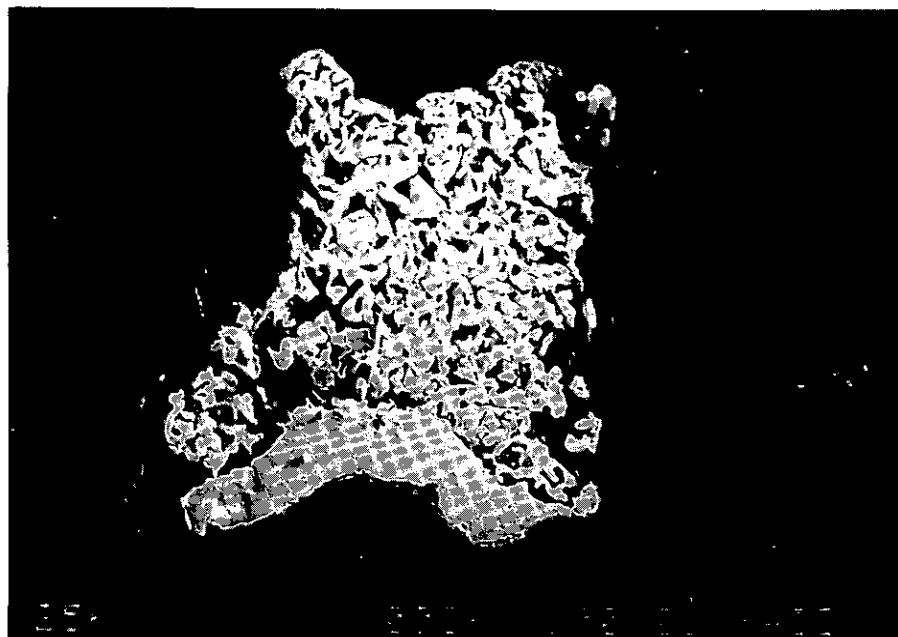


Abb. 3. Myrmekitisches Goldkorn mit einem massiven Bereich von Gold (unten) aus der kalten Moldau im Bereich Gruben. Polierter Anschliff im Rasterelektronenmikroskop. Maßstabsbalken 0,1 mm.

Bismut schließen und sind im Moldanubikum für metamorphe Vererzungen in den Gneisen mit Au-As-Bi-Elementassoziation typisch (LEHRBERGER & MARTINEK 1996).

Die Zusammensetzung des Goldes im porösen Bereich des ehemaligen Myrmekits beider Körner ist durch sehr geringe Silbergehalte (<0,5 %) gekennzeichnet, während sich im massiven Teil am unteren Bildrand von Abb. 3 über 10 % Ag nachweisen lassen. Diese Beobachtung belegt die Anwesenheit von zwei Generationen von Gold.

## 6. Kurzbeschreibung und Deutung der Bergbauspuren

Die im Bereich westlich von Haidmühle bekannten Grübenfelder konnten alle eindeutig als Bergbauspuren identifiziert werden. Die Freigoldführung in den Sedimenten legt die Entstehung im Rahmen der Goldgewinnung nahe (vgl. 7.). Die Bergbauspuren erstrecken sich von West nach Ost über vier Kilometer an dem Goldgruben-Bach und der Kalten Moldau entlang. Einige kann man auch an den Zuflüssen zum Altwasser erkennen. Die nachfolgend beschriebenen Grübenfelder oder vereinzelt auftretenden Seifen Hügel und Trichtergruben konnten eindeutig als Abbauspuren identifiziert werden. Ihre Lage ist der Abbildung 1 zu entnehmen.

### 6.1. Goldgruben-Bach

Die erste Gruppe kleiner Waschhügel befindet sich am Goldgruben-Bach etwa 400 m vor dem Zusammenfluß mit dem Haberau-Bach. Wie die Beprobung der

Bachsedimente zeigt, ist in diesem Bereich die Goldführung ausgesprochen gering, so daß es sich bei diesen Spuren vermutlich um reine Prospektionsarbeiten gehandelt hat.

## 6.2. Kalte Moldau oder Altwasser

Von der Kiesau vorbei an der Marderau erstrecken sich die Bergbauspuren durchgehend über 2,5 km entlang der Kalten Moldau bis zu den „Gruben“ und enden am Waldrand kurz nach der Einmündung der Ohmüllerseuge in die Kalte Moldau. Bei der Kiesau erreichen sie teilweise eine Breite von 200 m, bei den „Gruben“ eine Breite von 400 m. Die engste Stelle befindet sich ziemlich genau in der Mitte der Gesamtstrecke westlich der Ohmüllerraumreut. Am Bach entlang erstrecken sich teilweise sehr lange Seifenhügel. Liegt das Gelände etwas höher, so werden pingenzartige Rinnen von Waschhügeln begleitet. Steigt es noch weiter an, so gehen die Bergbauspuren in Trichtergruben über. Dies kann man vor allem gut im südlichen Bereich der „Gruben“ beobachten. Vereinzelt findet man in den Randbereichen Reste von Wassergräben.

500 m weiter östlich dieses großen Grübenfeldes sind am rechten Ufer der Kalten Moldau einige Waschhügel in einer Waldspitze zu sehen. Von dort aus nochmals 100 m weiter östlich kann man am linken Ufer noch ganz spärliche Reste von Seifenhügeln erkennen.

## 6.3. Weberau-Bach

Nördlich des Altwassers befindet sich am Weberau-Bach ein einzelner langer Waschhügel ungefähr 400 m vor der Einmündung in die Kalte Moldau.

## 6.4. Namenloses Bächlein zwischen Eiben-Berg und Ohmüllerraumreut

Etwa 800 m östlich des Weberau-Baches treten westlich des Bärenfilzes zwischen Eiben-Berg und Ohmüllerraumreut an einem namenlosen Bächlein größere Trichtergruben und Waschhügel auf.

## 6.5. Hütten-Bach

Südlich des Altwassers erstrecken sich in einer geraden Linie in einem Bogen des Hütten-Baches die von OTT (1988: 113 u. geol. Kt.) entdeckten Seifenhügel und Trichtergruben. Auffällig ist ein Entwässerungsgraben, der von einer der Trichtergruben zum Hütten-Bach führt.

## 6.6. Ohmüllerseuge und Zulauf

Die Ohmüllerseuge wird von langen Seifenhügeln begleitet. Bei dem nördlichen kürzeren Arm handelt es sich um eine große Trichtergrube, die von Halden umrahmt ist. Die Form der Abbaue in den höhergelegenen Teilen spricht für die Goldgewinnung aus einem eluvialen Goldvorkommen. Dieses Grübenfeld verschmilzt im unteren Bereich mit den „Gruben“ am Altwasser, deren Entstehung sicher auf die Gewinnung von alluvialem Gold zurückgeht.

An einem sehr kleinen Bachlauf, der von Süden her zur Ohmüllerseuge fließt, befindet sich noch eine kleine Gruppe von Seifenbügeln.

## 7. Entstehung der Grübenfelder

Die Entstehung der Hügel, Rinnen und Löcher in den Wäldern östlich des Haidels wurde bereits früh kontrovers diskutiert. Die Meinung, daß in den Grübenfeldern Gold gewonnen wurde, vertreten WINEBERGER (1851: 121), GÜMBEL (1868: 902), HAUSL (um 1900: 13), MÜLLER (1919: 409f.), PRAXL (1968: 124), SEYFERT (1981: 40) und LEHRBERGER (1996).

PRIEHÄUSSER (1963: 40f.) sieht in ihnen eiszeitliche Spuren. PFAFFL (1993: 199f.), der dieselbe Meinung vertritt, glaubt, diese seien höchstens durch Flußbaumaßnahmen verändert worden. Auch OTT (1988: 54f., 113 u. geol. Kt.) schließt sich teilweise der Ansicht PRIEHÄUSSERS an. Die von PRIEHÄUSSER (1963: 40f.) erwähnten Toteisbildungen und Sanderflächen im Tal der Mirasat konnten nicht gefunden werden.

FISCH (1857: 140ff.) hält die Grüben für militärische Schanzen. Die Geländeformen widersprechen dem, und es gibt auch keinen Hinweis darauf, daß sie je als solche benutzt wurden. Es ist aber nicht völlig auszuschließen, daß das unebene Gelände durchziehendem Kriegsvolk als „Schützengräben“ dienlich war. FISCH wurde offensichtlich bei seiner Annahme von der am Haidweg im Gschwendet 1619 errichteten sogenannten „Schwedenschanze“ beeinflußt (PRAXL 1968: 124). Beim Haidweg handelt es sich um eine Verzweigung des südlichen Goldenen Steiges. Außerdem taucht zweimal im Bereich der Kalten Moldau der Flurname „Landsknecht“ auf. Nicht weit in Böhmen bewacht der Tusseturm den Handelsweg. Bei Wallern befindet sich ebenfalls eine Schanze. Als archäologischen Beleg dokumentiert FISCH (1857: 141) einen Schwertfund aus den „Schanzgruben“, den man damals ins 16. Jahrhundert datierte. Das Objekt ist in der Zwischenzeit verschollen.

Die von PRIEHÄUSSER, OTT und PFAFFL vertretene Meinung, daß es sich bei den Hügeln, Rinnen und Trichtergruben um glaziale Gebilde handelt, kann man aus heutiger Sicht nicht mehr vertreten (vgl. auch HAUNER, dieser Band). Moränenartige Geländeformen sind zwar im Bereich des Haidels am rechten Ufer des Haberau-Bachs, kurz bevor er sich mit dem Goldgruben-Bach vereinigt, und im Quellbereich des Hier-Bachs N der untergegangenen Ortschaft Schwendreut bekannt, man findet darin aber im Gegensatz zu den Grübenfeldern sehr große, kantige Steine, die für eine glazial beeinflußte Bildung sprechen. Möglicherweise sind durch die Bergbauaktivitäten auch in geringem Umfang eiszeitliche Spuren zerstört worden. So treten beispielsweise im Bereich des Roth-Bachs Geländeformen auf, deren Entstehung noch nicht eindeutig geklärt ist.

Aus heutiger Sicht wäre es allerdings auch voreilig, die Grübenfelder ausschließlich als Spuren der Goldgewinnung zu betrachten, gibt es doch im gesamten Bayerischen Wald Hinweise auf gleichzeitige Quarzgewinnung. Es ist bekannt, daß die Glashütte Hobelsberg 1643 als erste in den Einzugsbereich der Kalten Moldau auf die Bramandlin verlegt wurde (PRAXL 1968: 124). Hüttenbauernweg,

Hütten-Bach, Glashüttenraumreut, Glashüttenseuge, Kiesau, Kiesberg, Sandbrunn, die volkstümlichen Namen „Sandhäuser“ für das ehemalige Dorf Leopoldsreut und „Glashäuser“ für Schwendreut zeigen, daß die Glasherstellung in diesem Waldgebiet einst eine wichtige Rolle spielte. Es ist wahrscheinlich, daß die Glashüttenleute damals auch Quarz – im Bayerischen Wald „Kies“ genannt – aus dem Schotter der Bäche als Rohstoff für die Glasschmelze gewannen. Vergleichbare Beispiele kennt man am Rachel (SEYFERT 1981) und am Rande eines kleinen Grübenfeldes am Tyroler Bach bei Schönbrunn am Lusen. Schönbrunn wurde 1599 als Glashütte gegründet (PRAXL 1968: 119). Der dazu gehörende Pocher, der kurz vor 1840 beseitigt wurde (MESSUNGS-CONSIGNATION ... 1839: 7), stand am Tyroler Bach. BAUBERGER (1977: 95) nennt das dortige Grübenfeld als Quarzabbau. Allerdings führt dieser Bach in diesem Bereich so viel Gold, daß es sehr wahrscheinlich ist, daß dort bevorzugt Gold gewaschen wurde.

## 8. Zur Geschichte der Goldgewinnung bei Haidmühle

### 8.1. Flurnamen

Wonach der Mensch im Bereich von Haidmühle in früheren Zeiten schürfte, lassen die Namen Goldgruben-Bach und Goldgruben-Hang erkennen. Diese Bezeichnungen sind in einer Karte von 1840 noch als „Goldgrübl“ angegeben (PRAXL 1968: 114) und wurden erst bei der Landvermessung für die modernen topographischen Karten der heutigen Schreibweise angepaßt. Auch der Name „Kalte Moldau“ läßt sich zwanglos als „Goldene Moldau“ als eindeutiger Hinweis auf die Goldgewinnung werten, wenn man die phonetische Ähnlichkeit beider Begriffe im örtlichen Dialekt betrachtet. Die Bezeichnung „kalt“ hat sicher nichts mit der Wassertemperatur dieses Baches zu tun, denn kaltes Wasser liefern die Bäche in diesem Hochgebiet alle gleichmäßig. Bemerkenswert ist, daß ca. 10 km südlich dieses Gebietes bei Jandelsbrunn zwei Goldbäche, ein Goldbergl und Kohlgruben wahrscheinlich auf eine frühere Goldsuche hinweisen. An diesen Lokalitäten sind aber keine Bergbauspuren (mehr?) zu erkennen. Auffällig sind lediglich häufig auftretende Schwermineralienanreicherungen in den Sandbänken der kleinen Bäche, die die ehemaligen Goldsucher evtl. auf eine falsche Fährte gelockt haben könnten.

### 8.2. Siedlungsgeschichte und Goldener Steig

Über die Vor- und Frühgeschichte im Quellgebiet der Kalten Moldau ist nichts bekannt. Der Bereich zwischen Haidel und Dreisessel bildete die östlichste Ecke des Abteilandes, des Kernlands des Fürstbistums Passau, das 1805 zu Bayern kam (PRAXL 1968: 44). Durch den südlichen Bayerischen Wald führen drei Haupttrouten des Goldenen Steiges. Dieser ist ein wichtiger Handelsweg, auf dem vom Mittelalter bis in die Neuzeit vor allem Salz von Passau nach Böhmen transportiert wurde. Die nördliche Route führt nach Bergreichenstein (Kašperské Hory), die mittlere nach Winterberg (Vimperk) und die südliche nach Prachatitz (Prachatic). Die Wälder um den Haidel werden von Trassen der südlichen Route des Goldenen Steiges durchquert, auf dem man von Passau über Waldkirchen, Fürholz und Wallern (Volary) nach Prachatitz gelangte. (PRAXL 1983). Möglicherweise wurde

diese Route bereits in prähistorischer Zeit als Handelsweg benutzt, da sich zwischen Osser und Dreisessel nahe beieinander in Frauenberg und am Osterbachkanal bei Duschlberg die niedrigsten Gebirgsübergänge (knapp unter 900 m) von Bayern nach Böhmen befinden. Für die frühe Benutzung dieses Saumpfades in vorgeschichtlicher Zeit sprechen auch Funde von Spitzwegerichpollen (*Plantago lanceolata*) in mehreren Schichten der oberen Profilbereiche des Abrahamfilzes bei Haidmühle (STALLING 1987: Abb. 17), woraus man auf menschliche Besiedlung schließen kann.

Der „Goldene Steig“ wurde indirekt erstmals 1010 urkundlich erwähnt (PRAXL 1968: 32f.). Jahrhundertelang konnten die Säumer zwischen Fürholz und Wallern – man muß es wörtlich nehmen – nur im Wald und auf der Heide Rast machen. KUDRNÁČ & MICHÁLEK (1993: 407) vertreten zur Namensgebung des Goldenen Steigs folgendes: „*Der Name wurde von Goldseifen und Goldminen abgeleitet, die entlang der ganzen Trasse lagen. Dies wurde jetzt mit Hilfe der archäologischen Untersuchungen, des Studiums der schriftlichen Berichte und der geologisch-mineralogischen Befunde bestätigt.*“ PRAXL (1994: 30) konnte dies in der Zwischenzeit widerlegen, denn der Begriff „Goldener Steig“ taucht erstmals 1524 auf. Es handelt sich nach PRAXL bei dieser Namensgebung „*zweifellos um eine spontane Kanzleibildung*“. Die älteste bis jetzt gefundene Urkunde mit dem tschechischen Namen „Zlatá stezka“ aus dem Jahre 1578 stammt aus Prachatitz (PRAXL 1994: 31). Man nannte diese Verkehrsverbindung „Goldenen Steig“, weil sie privilegiert war und als bedeutender Handelsweg Wohlstand brachte (PRAXL 1994: 32ff.). Die Ansicht, daß der Goldene Steig seinen Namen nach den in der Nähe des Weges gelegenen Goldgewinnungsplätzen bekommen hat, widerspricht nach KUBŮ & ZAVŘEL (1995: 16) „*allen historischen Quellen und beruht auf der Unkenntnis des konkreten Geländeverlaufs des goldenen Steiges*“.

Es sei hier daran erinnert, daß Porzellan und Salz „Weißes Gold“ und Kohle und Erdöl „Schwarzes Gold“ genannt werden. Wäre der Name „Goldener Steig“ vom Bergbau abgeleitet, so hätte sich im Laufe der Jahrhunderte durch sprachliches Verschleifen im Dialekt wohl ein Kolbert-, Goller-, Koll- oder gar Kohlsteig daraus entwickelt, wie man analog aus anderen Bach- und Flurnamen der Gegend schließen darf (REINER et al. 1996: 127ff.).

Der Mensch ließ sich erst im frühen 17. Jahrhundert in den Wäldern um den Haideb dauerhaft nieder. Vorher bestand die Nutzung des Areals hauptsächlich darin, daß dort die Säumer ihre Pferde und die Fürholzer Bauern ihre Rinder auf Raumreuten und in den Wäldern weiden ließen. 1618 wurden als erste Orte Leopoldsreut und Schwendreut am Unteren Goldenen Steig gegründet (PRAXL 1968: 115), als letzte 1831 Ludwigsreut und Theresienreut, die den Grübenfeldern am nächsten benachbart sind. Die ersten Häuser von Haidmühle wurden 1770 errichtet (PRAXL 1968: 125). Keine dieser Siedlungsgründungen steht in einem direkten Zusammenhang mit der Goldgewinnung im Quellgebiet der Kalten Moldau.

In der Zwischenzeit wurden zwei der hochgelegenen Ortschaften wegen der langen und schneereichen Winter von ihren Bewohnern wieder verlassen, Schwendreut zum Teil noch vor, Leopoldsreut nach dem 2. Weltkrieg.

### 8.3. Zeitliche Einstufung der Goldgewinnung aufgrund von Archivalien

MÜLLER (1919: 409f.) nimmt an, daß bereits im 9. Jahrhundert bei Haidmühle Gold gewaschen wurde. Er beruft sich auf die Monumenta Boica (XXVIII, 1: 120). Er schreibt: „*Kaiser Arnulf verlieh den Goldschmieden der Stadt Passau das Recht, in diesen Gewässern mit Erlaubnis des Bischofs Goldwäscherie, gleich den kaiserlichen Goldwäschern, zu treiben.*“ (MÜLLER 1919: 409) Bei dieser Urkunde handelt es sich jedoch um eine Fälschung aus dem 10. Jahrhundert (MONUMENTA GERMANIAE HISTORICA 1940: 247ff.). Sie beweist allerdings, daß vor der Jahrtausendwende im Einflußbereich des Bischofs von Passau Gold gewaschen wurde.

Nur archäologische Funde können zeigen, ob MÜLLERS Meinung über die Goldgewinnung im Quellgebiet der Kalten Moldau richtig ist. MÜLLER wurde in seiner Meinung möglicherweise durch Carl Wilhelm von GÜMBEL bestärkt, der sich ihm gegenüber dahingehend äußerte, daß Gold und Silber überall im Bayerischen Wald fein verteilt vorkommen, sich aber ein Bergbau nicht lohne (MÜLLER 1919: 410).

Der Kreisarchivpfleger des Landkreises Freyung-Grafenau, Paul PRAXL fand 1995 den ersten direkten schriftlichen Nachweis des Goldbergbaus in diesem Gebiet. Nach einer Archivalie aus dem BAYERISCHEN HAUPTSTAATSARCHIV MÜNCHEN (Hochstift Passau L 1613, Fol. 109<sup>r</sup>) empfängt ein Pfarrer aus Tiefenbach, der dort Gold abbauen will, im Jahre 1513 ein neues Bergwerksrecht. Die Urkunde lautet: [1513 Dezember 23]

*„Am Freitag nach Sannd Thoman des heyligen Zwelfboten Tag Anno d(o)m(ini) etc. im [15] dreitzechenden Jar hat (der) Herr Peter Jordan, Pfarrer zu Tüeffenbach, vor dem edln unnd vesten Urban Zenger Marschalch zu Passaw auß Bevelch meins genedigen Herrn von Passaw nach Perchwerchs Rechten empfangen ayn verlegen eingefallen Stoln mit sambt aynem Waschwerch unnder dem obern Weg bay dem Furt gegen dem Eiban Berg am Altwasser im Lannd der Abtey gelegen, unnd ist im gefrewdt bis unngeverlich der Schnee des gegenwärtigen Winters abgeed unnd man arbayten mag.“*

Der Pfarrer Peter Jordan aus Tiefenbach erhielt also am 23. 12. 1513 vom Marschal Urban Zenger die Bergwerksrechte an einem eingefallenen Stollen mitsamt einem Waschwerk unter dem oberen Weg bei der Furt zum Eibenberg am Altwasser. Mit der Arbeit konnte nach der Schneeschmelze begonnen werden. Weitere Geländebegehungen können vielleicht klären, ob es sich bei der angegeben Örtlichkeit um den Bereich bei der Marderau an der Kalten Moldau handelt, oder um das kleine Grübenfeld an einem namenlosen Bächlein zwischen Ohmüllerraumreut und Eiben-Berg. Die Erwähnung eines eingestürzten Stollen beweist, daß dort bereits vor 1513 untertägig Gold geschürft wurde. Der damals bereits verwendete Name Altwasser zeigt außerdem, daß das Wasser der Kalten Moldau schon vor diesem Zeitpunkt mindestens einmal im großen Stil abgeleitet worden war. Dies dürfte wahrscheinlich im Zusammenhang mit der Goldgewinnung und nicht mit der Bewässerung von Wiesen auf den Raumreuten geschehen sein.

Der nächste Hinweis auf die Goldwäscherei stammt aus dem Jahre 1593. In den Akten der Wolfsteiner Grenz-Abgehungen (BAYERISCHES HAUPTSTAATSARCHIV MÜNCHEN, Hochstift Passau Rep. 112: Passauer Blechkastenarchiv, Kasten 169,

Nr. 2) heißt es: „*Es entspringt auch, auß gar vielen der orten – so was von Mittag gegen Septembris fließenden Wasserquellen – zwen fluß (oder Wasser), der erst: obbenannts Altwasser, der ander, das Rottwasser, die, vnd nachdem sy zu flüssen werden, lauffen sy bei einer halben viertl meil wegs gleich nebeneinander (so vor vilen Jaren bederseits – wie aus viel vnzelbarlichen vorhandenen Grueben auszuweisen Goldt – gewaschen vnd als Goldt gen Passaw gefüerdt sein soll) von Occident in Orient flüessen*“ (vgl. dazu PRAXL 1968: 124). Diese Urkunde belegt, daß schon viele Jahre vor 1593 im Quellgebiet der Kalten Moldau kein Gold mehr gewonnen wurde. Gegenwärtig laufen zwar das Altwasser und der Roth-Bach nicht mehr ein Stück nebeneinander her, aber die unzähligen Gruben unterhalb der heutigen Einmündung des Roth-Bachs in die Kalte Moldau existieren noch.

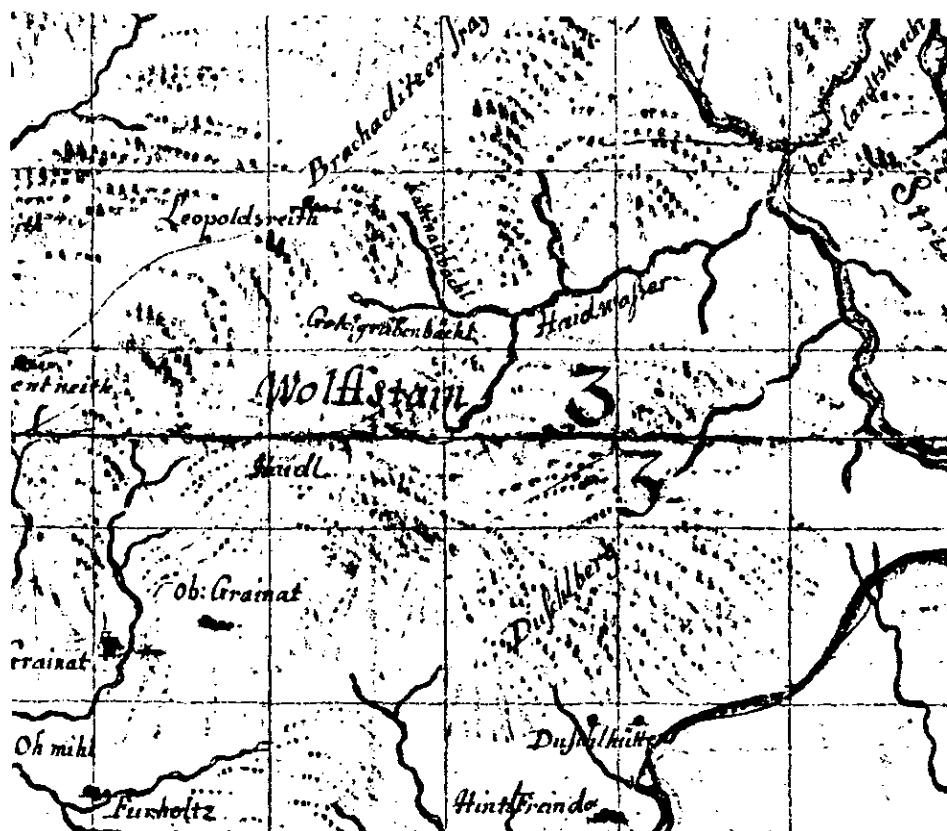


Abb. 4. Ausschnitt der Karte „Accurate Delineation des Reichs fürstl. Hoch Stift und Bistum Passau“ aus dem Jahre 1719. Mit frdl. Genehmigung d. Priesterseminars St. Stephan, Passau.

Auf einer Karte des Hochstiftes und Bistums Passau von JOSEPH HAAS aus dem Jahre 1719 findet man erstmals den Namen Goldgrabenbächl für einen der Quellbäche der Kalten Moldau (Abb. 4). Dies zeigt ebenfalls, daß dort bereits zuvor Gold gewaschen wurde. Die Kalte Moldau wurde damals in dem Bereich, der heute noch Altwasser genannt wird, auch als Haidwasser bezeichnet; bachabwärts trug sie den in der Zwischenzeit ebenfalls verschwundenen Namen Sauswasser.

#### 8.4. Archäologische Befunde und Möglichkeiten

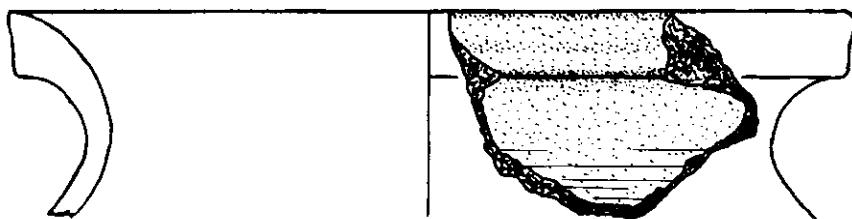
Neben den Archivalien spielen archäologische Quellen eine wichtige Rolle in der Erforschung der Geschichte des Bergbaus im Bayerischen Wald. FISCH (1857: 141) berichtete, daß man in den „Schanzgruben“ Hufeisen, Zangen und Hämmer fand. Sie sind ebenso wie das bereits oben erwähnte Schwert verschollen und somit einer archäometrischen Untersuchung nicht mehr zugänglich. Es existieren nicht einmal Zeichnungen von ihnen.

Bei Probenahmen des Zweitautors wurden in der Ohmüllerseuge ein Keramik- und ein Glasstückchen gefunden. Der einseitig glasierte Scherben wurde in das 16. Jahrhundert datiert. Forstoberrat Lichtenwald vom Forstamt Neureichenau fand bei der Entnahme einer Bodenprobe aus einem Waschhügel im westlichen Bereich der „Gruben“ eine unglasierte Scherbe, die etwas älter sein dürfte. Am Rand der Ohmüllerraumreut wurde im Herbst 1988 unmittelbar neben dem Grübenfeld versuchsweise ein Wildacker angelegt. Auf ihm wurden im folgenden Frühjahr ein Dutzend Scherben gefunden. Die ältesten datierbaren Keramikfunde (Abb. 5) stammen ungefähr aus dem 12. Jahrhundert (DANNHEIMER 1973).

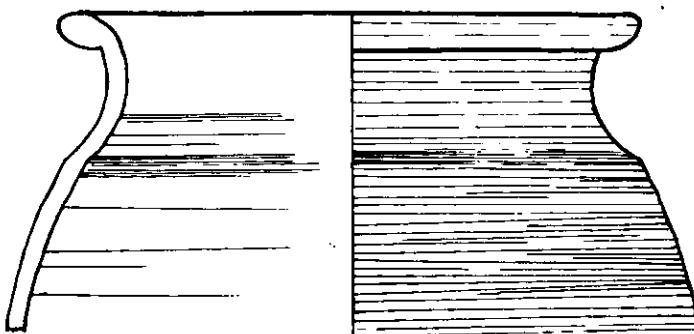
Westlich von diesem Fundort sind eine Mauer und ein breiter Kanal zu erkennen. Eine gepflasterte Stelle, die der Zweitautor vor einigen Jahren beobachten konnte, ist aufgrund des starken Grasbewuchses nur schwierig aufzufinden. Es dürfte sich dabei um die von FISCH (1857: 141) schon erwähnte „Mauer“ und den „gepflasterten Hohlweg“ handeln. Diese markanten Relikte könnten ein günstiger Ansatzpunkt für eine montanarchäologische Grabung sein. Die Ohmüllerraumreut ist möglicherweise eine der ältesten gerodeten Flächen in diesem Waldgebiet. Vermutlich versorgten sich die Goldgräber selbst mit Nahrungsmitteln wie Milch und Fleisch, da damals die nächstgelegene Ortschaft Fürholz gewesen ist.

Die zeitliche Einordnung der Goldwäscherei könnte in diesem Gebiet neben der archäologischen Datierung durch die Pollenanalyse und die  $^{14}\text{C}$ -Methode erfolgen. Erste Ergebnisse lieferten pollenanalytische Untersuchungen im Abrahamfilz (STALLING 1987: 72 u. Abb. 17), das an das Grübenfeld am Altwasser angrenzt. STALLING stellt während der älteren Nachwärmezeit im Profil von Haidmühle abweichend zu den Profilen von Mooren im Bayerischen Wald in gleicher Höhenlage einen erhöhten Pollenanteil der Fichte auf Kosten der Tanne fest. Er vermutet, daß diese auf regionale klimatische Besonderheiten zurückzuführen ist, z. B. ein kontinentaleres Klima oder Auswirkungen eines relativ großen Moores. An dieser Stelle muß man daran erinnern, daß vor 10 Jahren noch allgemein die Meinung vertreten wurde, der Bayerische Wald sei erst im Mittelalter besiedelt worden. Nach den archäologischen Untersuchungsergebnissen in der tschechischen Nachbarschaft und den erfolgreichen Forschungen von MICHALEK (1995) in den letzten Jahren im Landkreis Freyung-Grafenau, muß man auch in Erwägung ziehen, daß die Abweichungen in den Pollenprofilen auch durch Aktivitäten des Menschen verursacht worden sein könnten.

Der oben erwähnte Wildacker, auf dem die Keramikfunde gemacht wurden, stellt ein geeignetes Versuchsgelände dar. Auf dieser Freifläche sind durch Anflug reichlich Fichten aufgegangen, aber keine Tannen. Diese benötigen im Anfangsstadium ihres Wachstums den Schutz von Altbäumen, während Fichten in diesem



O-R 89/1



O-R 89/2



O-R 89/3

3 cm

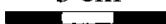


Abb. 5. Keramikscherben aus dem 12. Jahrhundert. Fundort: Randbereich Ohmüllerraumreut-Grübenfeld.

Klimabereich sogar die Rolle von Pionierpflanzen übernehmen können. Dies kann man häufig auch an Böschungen von neu angelegten Waldwegen sehen. Berücksichtigt man diese Beobachtungen, so kann man STALLINGS Ergebnisse auch dahingehend interpretieren, daß zum Ende der Urnenfelderzeit der Mensch in diesem Gebiet tätig war, möglicherweise als Goldwäscher.

Im Einzugsbereich der Kalten Moldau gibt es einige Moore, die wegen ihrer geringen Größe nicht in den Karten verzeichnet sind. Einige von ihnen sind trotz der Entwässerungsmaßnahmen früherer Jahrzehnte ungestört geblieben. Auch in den Grübenfeldern treten immer wieder stark versumpfte Rinnen und Löcher auf. Dort kann man auch bearbeitetes Holz finden. Der Zweitautor fand in der Ohmüllerseuge bereits Reste einer Holzrinne in 50 cm Tiefe. Es sollte also kein Problem sein, in diesem Gebiet an verschiedenen Stellen Material für Datierungen mit der <sup>14</sup>C-Methode, bzw. für Pollenanalysen zu gewinnen. Bei geeignetem Probenmaterial wäre sogar an eine dendrochronologische Bestimmung zu denken.

## 9. Schlußbetrachtung

In Südstbayern steckt im Gegensatz zu vergleichbaren Gebieten in Tschechien die Montanarchäologie noch in den Kinderschuhen. Zur Zeit weiß man hier über die nahe an der Grenze gelegenen Goldgewinnungsplätze in Böhmen, z. B. Zátoň (Schattawa), Horská Kvilda (Innere Gefild) und Lažiště bei Prachatitz (KUDRNÁČ & MICHÁLEK 1987: 10 ff.) mehr als über diejenigen auf bayerischer Seite. Unter den mittelalterlichen Seifenhalden von Modlešovice bei Strakonice konnte man Spuren aus der Spätbronzezeit und der Latènezeit nachweisen (KUDRNÁČ 1982: 480).

Zumindest für die Montanarchäologie gilt auf der deutschen Seite heute noch, was Pošepný (1895: 250) vor einem Jahrhundert feststellte: „Ueberhaupt dürfte es sich der Mühe lohnen, die hier zusammenstossenden Gebietsanteile von Böhmen, Ober-Österreich und Bayern gleichmäßig und einheitlich zu untersuchen, da erfahrungsgemäß gerade diese entlegenen Winkel von den Landesbewohnern vernachlässigt zu werden pflegen.“ In Böhmen besteht u. U. ein kleiner Nachholbedarf im unmittelbaren Grenzbereich, der, solange der Eiserne Vorhang bestand, auch für die tschechische Forschung unzugänglich war. Die umfangreichen Kenntnisse über die historischen Abbauspuren konnte nun in einem ersten Schritt auch auf Bayern ausgedehnt werden, in dem ein Katalog sämtlicher Goldgewinnungsspuren erstellt wurde (LEHRBERGER et al. 1997).

Die Grübenfelder im Quellgebiet der Kalten Moldau blieben über Jahrhunderte unberührt. Nur der Waldwegebau und eine geringe Materialentnahme in der Kiesau führten zu kleinen Störungen. Daher eignet sich dieses Gebiet optimal für montanarchäologische Untersuchungen. Dies gilt auch im Hinblick darauf, daß es sich aus der Sicht des Naturschutzes hier um weniger sensible Bereiche handelt.

Es wäre wünschenswert, daß weitere detaillierte Untersuchungen folgen, um wichtige Erkenntnisse über die Vor- und Frühgeschichte des bedeutenden europäischen Handelsweges „Goldener Steig“ und die Entwicklung des Bergbaus in den Wältern um das Dreiländereck zu gewinnen.

Vielleicht weiß die Sage, die von einer großen, untergegangenen Stadt in der Nähe des Dreisesselberges berichtet (PRAXL 1982: 17), heute schon mehr als wir.

**Danksagung:** An dieser Stelle möchten wir Herrn PRAXL für die Unterstützung bei der Archivalienauswertung danken. Dem HAUPTSTAATSARCHIV MÜNCHEN und dem BISTUM PASSAU danken wir für die Überlassung der Archivalien und Karten.

## 10. Literatur

- BAUBERGER W. (1977): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 7046 Spiegelau und zum Blatt Nr. 7047 Finsterau sowie zu den nördlichen Anteilen der Blätter Nr. 7146 Grafenau und Nr. 7147 Freyung, Nationalpark Bayerischer Wald. – 183 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- BAYERISCHES HAUPTSTAATSARCHIV MÜNCHEN: Hochstift Passau L 1613, Fol. 109', München.
- BAYERISCHES HAUPTSTAATSARCHIV MÜNCHEN: Hochstift Passau Rep. 112: Passauer Blech-kastenarchiv, Kasten 169, Nr. 2, München.
- DANNHEIMER, H. (1973): Keramik des Mittelalters aus Bayern. – Kat. d. prähist. Staatsslg. Nr. 15, Beitr. z. Volkstumsforsch., **21**: 74 S., Kallmünz (Lassleben).
- FISCH, J. (1857): Historisch-topographisch-statistische Mittheilungen über den Pfarrbezirk Grainet. – Verh. hist. Ver. f. Niederbayern, **5**: 123–166, Landshut.
- GÜMBEL, C. W. (1868): Geognostische Beschreibung des Koenigreichs Bayern. II. Abt.: Geogn. Beschr. d. Ostbayerischen Grenzgebirges. – 968 S., Gotha (Perthes).
- HAUSL, J. (um 1900): Heimatgeschichtliches [von Bischofsreut und Umgebung]. – Unveröff. Ms., 23 S., Bischofsreut.
- KUBŮ, F. & ZAVŘEL, P. (1995): Böhmisches Partien des „Golden Steiges“ aus archäologischer und topographischer Sicht. – Kulturregion Goldener Steig, Aufsätze zur Ausstellung, Kulturní oblast Zlatá stezka Příspěvky k výstavě, Adalbert Stifter Verein, 15–20, München.
- KUDRNÁC, J. (1982): Rýžování zlata v Čechách [Goldwäschen in Böhmen]. – Památky Archeol., **73**: 455–485, Praha.
- KUDRNÁC, J. & MICHALEK, J. (1987): Archäologische Forschungen zur Erhellung der Anfänge der Goldgewinnung in Südböhmen. – Ostbairische Grenzmarken, **29**: 9–19, Passau.
- KUDRNÁC, J. & MICHALEK, J. (1993): Urgeschichtliche und mittelalterliche Goldgewinnung in Südböhmen. – In: Montanarchäologie in Europa, Ber. z. Intern. Koll. „Frühe Erzgewinnung und Verhüttung in Europa“, Freiburg, 4.–7. 10. 1990, Archäol. und Gesch., Freiburger Forsch. z. 1. Jahrt. i. Südwestdeutschl., **4**: 401–408, Sigmaringen (Thorbecke).
- LEHRBERGER, G. (1996): Goldlagerstätten und historischer Goldbergbau in Bayern. – In: Gold im Herzen Europas. Kat. z. Ausstellung. Schr.-R. Bergb. Ind.-Mus. Ostbayern, **34**: 17–63, Theuern.
- LEHRBERGER, G., FRIDRICH, J., GEBHARD, R. & HRALA, J. [Hrsg.] (1997): Das prähistorische Gold in Bayern, Böhmen und Mähren. Herkunft – Technologie – Funde. – Památky Archeol., Suppl., **7**: 552 S., Prag (Akad. Wiss.).
- LEHRBERGER, G. & MARTINEK, K.-P. (1996): Metamorphe Goldvererzungen und assozierte Seifenlagerstätten im Moldanubikum des Bayerischen Waldes und südlichen Böhmerwaldes. – In: OBERMÜLLER, T. [Hrsg.]: Mineralien und Lagerstätten des Bayerischen Waldes. Tagungsbd. z. VFMG-Sommertagung, 179–197, Kötzing.
- LEHRBERGER, G., PREINFALK, CHR., MORTEANI, G. & LAHUSEN, L. (1990): Stratiforme Au-As-Bi-Vererzung in Cordierit-Sillimanit-Gneisen des Moldanubikums bei Oberviechtach-Unterlangau, Oberpfälzer Wald (NE-Bayern). – Geologica Bavaria, **95**: 133–176, München.
- MARTINEK, K.-P. & LEHRBERGER, G. (1996): Die Goldvorkommen im Bayerischen Wald unter besonderer Berücksichtigung des Zwieseler Winkels. – Der Bayerwald, **4**: 20 S., Straubing.
- MESSUNGS-CONSIGNATION (Grundakt) zum Liquidations-Act der Steuergemeinde Schoenbrun, Landgerichts Wolfstein, (1839) – im Vermessungsamt Freyung.
- MICHALEK, J. (1995): Landesnatur. – 12–15; Geschichte und Stand der lokalen archäologischen Forschung. – 21–26; Zusammenfassende Bemerkungen zur Vor- und Frühgeschichte im Landkreis Freyung-Grafenau. – 27–32; Katalog der Fundstellen und Funde – Landkreis

- Freyung-Grafenau, Literatur- und Quellenliste. – 33–39; Pravěké a časně středověké osídlení Šumavy v okresech Český Krumlov a Prachatice. – 40–46. – In: ORTMEIER, M. [Hrsg.]: Steine und Scherben, Neue archäologische Funde im Landkreis Freyung-Grafenau, 102 S., Grafenau (Freilichtmuseum Finsterau).
- MONUMENTA GERMANIAE HISTORICA (1940): 3, Dipl. Arnolfi, 247–250, Berlin.
- MORÁVEK , P. et al. (Aut.-Koll., 1992): Zlato v Českém masívu – Gold in the Bohemian Massif. – 245 S., Prag (Czech Geol. Surv.).
- MÜLLER, F. v. (1919): Goldwäscher im Land der Abtei. – Das Bayerland, XXX, 24, 2. Augustheft: 409 f., München.
- OTT, W.-D. (1988): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 7147 Freyung und zum Blatt Nr. 7148 Bischofsreut. – 137 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- PFAFFL, F. (1993): Die Mineralien des Bayerischen Waldes. – 4. Aufl., 291 S., Grafenau (Morsak).
- PoŠEPNÝ, F. (1895): Die Goldvorkommen Böhmens und der Nachbarländer. – Arch. f. pract. Geol., 2: 484 S., Wien.
- PRAXL, P. (1968): Die Geschichte. – In: Der Landkreis Wolfstein, 31–136, Passau (Neue Presse).
- PRAXL, P. (1982) [Hrsg.]: Waldersagen aus dem Land zwischen Lusen und Dreisessel. – 2. Aufl., 172 S., Grafenau (Morsak).
- PRAXL, P. (1983): Der Goldene Steig. – 2. Aufl., 112 S., Grafenau (Morsak).
- PRAXL, P. (1994): Zur Namensgeschichte des Goldenen Steiges. – Zlatá stezka, Sbor. Prachatického muzea, 1: 27–35, Písek.
- PRIEHÄSSER, G. (1930): Die Eiszeit im Bayerischen Wald. – Abh. Geol. Landesunters. Bayer. Oberbergamt, 2: 46 S., München.
- PRIEHÄSSER, G. (1963): Landschaftskunde des Landkreises Wolfstein. – Hg. Landkreis Wolfstein, 95 S., Grafenau.
- REINER, L., WEBER, A. & SCHOPF, H. (1996): Auf den Spuren der Goldwässcher im Goldland Bayerischer Wald und Böhmerwald. – 260 S., Riedlhütte (Heimatver. d'Ohetaler).
- SEYFERT, I. (1981): Der Abbau von Erz- und Quarzvorkommen im Bereich des Nationalparks Bayerischer Wald. – Der Aufschluss, Sonderbd., 31: 33–47, Heidelberg (VFMG).
- STALLING, H. (1987): Untersuchungen zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte im Bayerischen Wald. – Diss., Univ. Berlin, Bot., 105: 202 S., Berlin.
- WALDHAUSER, J., LEHRBERGER, G. & MORTEANI, G. (1994): Zlatá země Gabreta, Goldland Gabreta, 4000 Jahre der Goldwäscherei u. d. Goldbergbaus beiderseits d. Böhmerwaldes in Südböhmen u. Ostbayern. – Führer durch d. Ausstellung i. Techn. Nationalmus. u. Kata-log d. bed. Exponate, 74 S., Prag.
- WINEBERGER, L. (1851): Versuch einer geognostischen Beschreibung des Bayerischen Waldgebirges und Neuburger Waldes. – 141 S., Passau.

Manuskript bei der Redaktion eingegangen am 24. 6. 1997.

# Primäre und sekundäre Goldvorkommen zwischen Tittling und Perlesreut im Bayerischen Wald, Moldanubikum

Von ANDREAS KOCH, GERHARD LEHRBERGER und LUTZ LAHUSEN

Mit 9 Abbildungen

## Kurzfassung

Im Moldanubikum des Vorderen Bayerischen Waldes zwischen Tittling und Perlesreut konnten im Rahmen einer systematischen Bachsedimentuntersuchung zahlreiche Goldvorkommen in Bachsedimenten gefunden werden. Die meisten Goldvorkommen lassen sich mit einem etwa 3,5 km langen und 1 km breiten Tertiärbecken in Verbindung bringen, das mit klastischen Sedimenten gefüllt ist.

Spuren der historischen Goldgewinnung treten an zwei Stellen in Form großer Grübenfelder auf, an einigen weiteren Lokalitäten finden sich geringe Spuren des Abbaus entlang von Bächen. Auch in den Flurnamen ist der ehemalige Goldbergbau überliefert.

Die Morphologie und Zusammensetzung des Goldes ermöglichen es, zwei geologisch unterschiedliche Herkunftsgebiete abzugrenzen. Während in Tertiärsedimenten ausschließlich deutlich gerundete Goldkörner hohen Feingehaltes auftreten, wurden in eluvialen Sedimenten über metamorphen Gesteinen bei Eisenberncrueut weitgehend undeformierte Goldaggregate, z. T. in Kristallform, mit Silbergehalten von bis über 30 % gefunden.

Die sekundären Goldvorkommen sind als Produkte der Erosion von Goldvorkommen in den metamorphen Serien des bayerisch-böhmisichen Grenzketten des Böhmerwaldes zu interpretieren. Die auf böhmischer Seite bekannten Vererzungen reichen bis in das Rachelgebiet, in dem auch auf bayerischer Seite ehemalige Goldseifenwerke bekannt sind.

Die Kornform und die Zusammensetzung des Goldes weisen auf eine primäre Vererzung innerhalb hochmetamorpher Gneise und Migmatite der Monotonen Gruppe des Moldanubikums bei Eisenberncrueut hin. Aufgrund der beobachteten myrmekitischen Internstruktur der Goldkörner ist eine Au-As-Bi-Assoziation der Vererzung anzunehmen.

## Abstract

In the Southern Bavarian Forest around Tittling and Perlesreut numerous gold occurrences were found during a stream sediment sampling campaign. Most of the gold bearing streams belong to the drainage system of an approx. 3.5 long and 1 km wide basin of Tertiary alluvial sediments. Furtheron, a primary gold mineralization was found in high grade metamorphic rocks of the Monotonous Group of the Moldanubicum.

Two sites in the area show clear evidence of historic gold mining activities, three sites show minor traces. Until now there is no evidence for the dating of these old workings, but most probably they were formed by middle age mining.

Morphological features and the composition of the gold particles allow to distinguish two main source areas of the gold: a) in Tertiary alluvial sediments only well rounded gold grains with high fineness are found while b) gold particles from metamorphic rock environment show irregular and crystal shapes. The second type of gold shows silver contents up to 30 %.

The placer gold is regarded to come from primary deposits along the border mountains between Bavaria and Bohemia, the so-called "Šumava-Mountains". The first primary gold

mineralization was discovered in migmatites and cordierite-sillimanite-gneisses near Eisenberneut. The frequently observed myrmecitic texture of the gold grains give clear evidence for an Au-As-Bi-assoziation of the mineralization as it is typically known in similar rocks in the Moldanubicum of the Bohemian Massif.

## Inhalt:

1. Einleitung . . . . .	346
2. Geologische und geographische Übersicht . . . . .	347
3. Probenahme und Auswertung . . . . .	349
3.1. Tertiärbecken westlich der Ilz . . . . .	349
3.2. Gebiet um Eisenberneut . . . . .	352
4. Spuren des historischen Goldbergbaus . . . . .	353
4.1. Eisenberneut . . . . .	354
4.2. Eppendorf . . . . .	356
4.3. Sonstige Gebiete . . . . .	357
5. Literatur . . . . .	358

## 1. Einleitung

Durch Untersuchungen der Firma PREUSSAG AG Metall Anfang der 80er Jahre wurde bekannt, daß im Gebiet nordöstlich von Tittling Gold auftritt. Das damals der Rohstofffirma zugeteilte Erlaubnisfeld Tittling, das sich u. a. über die Gemeindegebiete von Tittling, Saldenburg, Perlesreut, Röhrnbach, Hauzenberg und Waldkirchen erstreckte, wurde jedoch nach zweijähriger Prospektion im Juni 1984 wieder aufgegeben, da die Goldanreicherungen – es wurden hauptsächlich Bachsedimentproben untersucht – für eine Prospektion auf primäre Goldvorkommen zu unregelmäßig verteilt und zu gering waren. Der Anlaß für diese Prospektionsarbeiten war die Hoffnung auf Goldvorkommen, die mit dem Pfahl assoziiert sind oder im Umfeld der variszischen Intrusivkörper auftreten. Keine dieser Annahmen konnte jedoch bestätigt werden. Das Interesse an den Goldvorkommen dieses Gebietes wurde erneut geweckt, als einerseits im Jahre 1996 durch ANTON LENZ (Perlesreut), ELMAR HARTL (Freyung) und PAUL FREUND (Lichtenau) Spuren einer früheren Goldgewinnung entlang eines Baches bei Eisenberneut gefunden werden konnten, und andererseits durch die Aufgabe des Firmenarchivs der PREUSSAG die Unterlagen der wissenschaftlichen Auswertung zur Verfügung standen. Die umfangreichsten Untersuchungen wurden im Rahmen einer Diplomarbeit seit Ende 1996 erarbeitet. Neben der z. T. bekannten Goldführung in zahlreichen Bächen konnten erstmalig ehemalige Goldabbaugebiete lokalisiert werden. Die Morphologie der Goldkörner zeigt starke Unterschiede in den Gebieten westlich und östlich der Ilz: Während westlich der Ilz die Körner stark gerundet und geplättet sind, weisen die Körner im Gebiet um Eisenberneut kantig eckige Formen auf. Diese Beobachtungen ermöglichen aufgrund der ableitbaren unterschiedlichen Transportweiten die deutliche Unterscheidung von primären bzw. eluvialen und sekundären Goldvorkommen.

## 2. Geologische und geographische Übersicht

Das Arbeitsgebiet liegt im Vorderen Bayerischen Wald im Bereich der Gemeinden Tittling, Witzmannsberg und Perlesreut. Der tektonische Rahmen des Vorderen Bayerischen Waldes wird im Süden vom Donaurandbruch und im Norden vom Bayerischen Pfahl gebildet, östlich und westlich wird das Gebiet von den Intrusionskörpern von Hauzenberg und Tittling-Fürstenstein begrenzt. Das Grundgebirge ist im Untersuchungsgebiet durch das Auftreten von migmatischen Gesteinen gekennzeichnet (TROLL 1967), in die ein tertiäres Sedimentbecken eingelagert ist (GÜMBEL 1868).

Die Migmatite weisen ein variantenreiches Aussehen auf, man kann Schollenmigmatite mit bis zu mehreren dm-großen Amphibolitschollen als auch Migmatite mit bereits deutlichem metatektischen Habitus auskartieren. Vereinzelt finden sich Einschaltungen der für die Monotone Gruppe des Moldanubikums typischen Cordierit-Sillimanit-Gneise. In den Migmatiten treten gelegentlich Störungsmylonite auf, die heute als Blastomylonite vorliegen. Sie können als Indiz für die Nähe zur tektonisch sehr wirksamen Pfahlzone gewertet werden.

In geringem Umfang durchsetzen kleinere Granitkörper und -gänge das Gebiet und sind möglicherweise in Zusammenhang mit dem spätvariszischen Intrusionsgeschehen in den umliegenden großen Intrusionsgebieten zu sehen (TROLL 1964). Wie in den Intrusionsgebieten treten auch in den Migmatiten einige Nadelporphyritynge mit Mächtigkeiten von bis zu einigen dm auf.

Die petrographische Kartierung des Untersuchungsgebietes ist derzeit in Bearbeitung, die in Abb. 1 wiedergegebene geologische Situation stellt eine vereinfachte Gliederung in metamorphe und magmatische Gesteinstypen dar, da dies für die Goldführung auch keine weitere Bedeutung hat.

Zwischen Kothingrub und Eppendorf nordöstlich von Tittling tritt eine NW-SE-erstreckte tertiäre Rinnenfüllung eines Paläo-Ilz-Flußsystems auf. Das Tertiär besteht aus einer Wechselfolge von Sand, Kies (Quarzschorter) und Ton. Durch den Abbau von Ton wurden zwei große Aufschlüsse geschaffen, nämlich die stillgelegte Ziegeleigrube der Firma TOSO nördlich von Trasfelden und die weiterhin im Betrieb stehende, seit einigen Jahren zur Sand- und Kiesgewinnung genutzte Grube der Firma Bachl östlich von Loizersdorf. Die beiden Gruben zeigen ein sehr ähnliches geologisches Profil. Im folgenden soll die Situation in der ehemaligen Ton- und heutigen Kiesgrube der Firma Bachl präsentativ erläutert werden.

Ursprünglich wurde in dem Abbau 100 m E Loizersdorf ein hochwertiger Ton für die Ziegelproduktion im firmeneigenen Ziegelwerk in Tittling abgebaut. Diese fast vollständig ausgebeutete Tonschicht erreichte eine Mächtigkeit von bis zu 14 m. Darunter stehen lehmige Sande und Kiese an, deren gröbere Komponenten zum überwiegenden Teil aus Quarz bestehen. Geophysikalische Untersuchungen im Auftrag des Unternehmens ließen eine zweite Tonschicht unter den Kiesen und Sanden erhoffen. Durch den Abbaufortschritt ist jedoch heute zu erkennen, daß diese zweite geophysikalische Anomalie wohl von dem an mehreren Stellen bereits anstehenden, stark verwitterten Migmatit und nicht von einer tieferen Tonlage verursacht wurde und zu einer Fehlinterpretation Anlaß gab (Abb. 8). Die Oberfläche

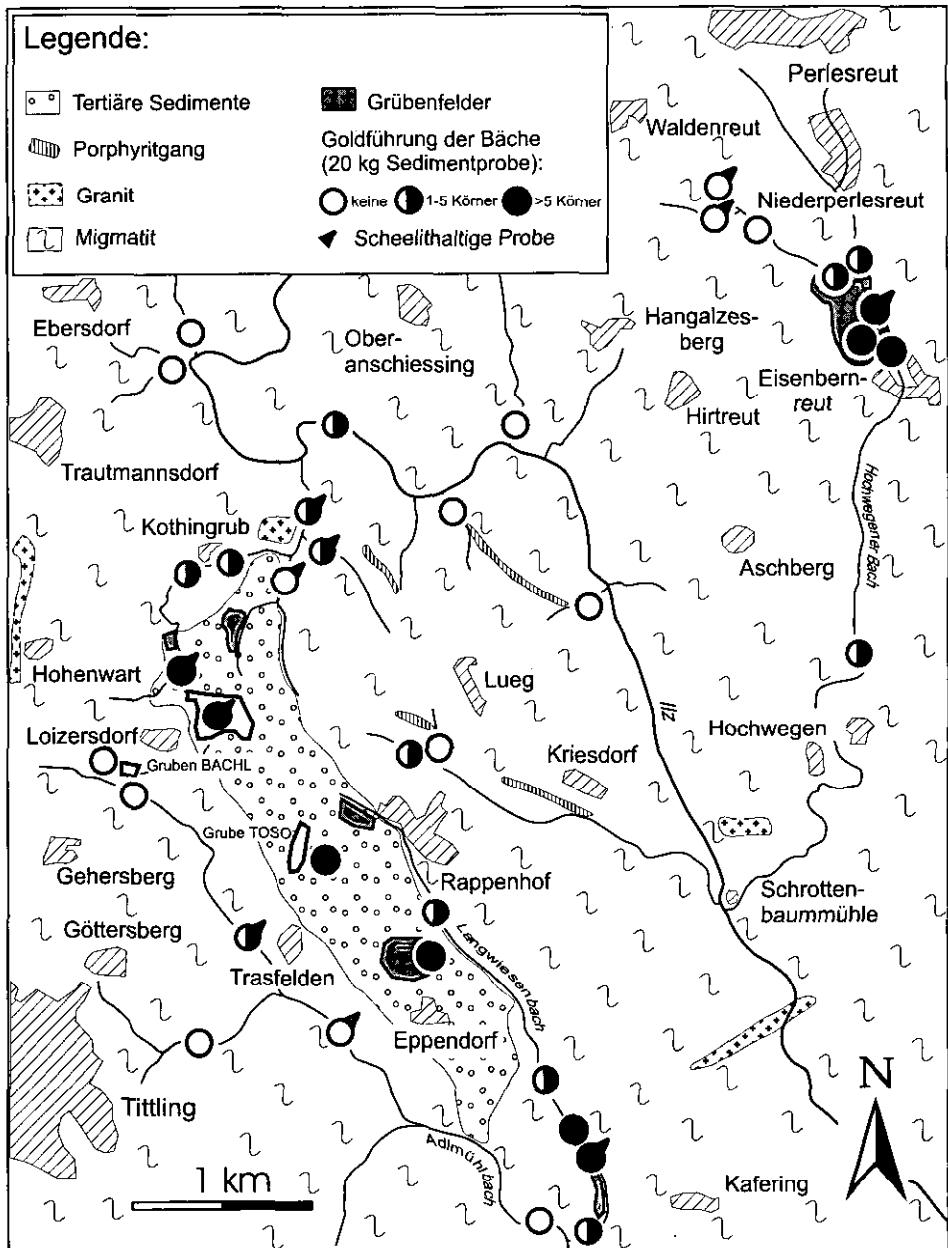


Abb.1. Übersichtskarte mit Lage der Abbauspuren und Ergebnissen der Bachsedimentprospektion.

des Migmatits lässt eine kleinräumig gegliederte prätertiäre Oberfläche des Grundgebirges erkennen.

Der gesamte Bayerische Wald unterlag vor allem im Tertiär einer starken Verwitterung, die im Gebiet im metamorphen Grundgebirge stellenweise bis über 40 m Tiefe reicht, wie man aus Bohrungen weiß. Diese intensive Verwitterung

führte zu der typisch flachhügeligen Mittelgebirgslandschaft. Auffällig sind jedoch relativ steile Hänge, die besonders im morphologisch auffälligsten Bereich am etwa 150 m tiefen Einschnitt der Ilz anzutreffen sind. Erhebungen oder Geländerippen werden häufig von granitischen Gesteinen oder den Porphyritgängen verursacht, die Täler sind hingegen mit Lehmen gefüllt, die aus dem verwitterungsanfälligen Migmatit entstehen.

Die Gewässer fließen, mit Ausnahme des westlichen Gebietsrand, alle in die Ilz. Es lassen sich auch große ehemalige Abflußrinnen erkennen, in denen heute z. B. der Adlmühlbach und der Langwiesenbach fließen.

### 3. Probenahme und Auswertung

Basierend auf den Unterlagen der Prospektionskampagne der Firma PREUSSAG wurde eine erweiterte Bachsedimentbeprobung mit Schwermineraluntersuchung durchgeführt. Die Probenahme und Bearbeitung erfolgte nach dem von LEHRBERGER (dieser Band) beschriebenen Verfahren. Ziel der Neubearbeitung war es vor allem, die Herkunft des Goldes und den genetischen Typ der Vererzungen zu charakterisieren.

#### 3.1. Tertiärbecken westlich der Ilz

Bereits die Untersuchungen der Firma PREUSSAG lieferten Anhaltspunkte dafür, daß die Goldführung der Bäche auf tertiäre Ablagerungen im Bereich Kothinggrub, Loizersdorf, Rappenhof und Eppendorf zurückzuführen sein könnte. Demzufolge wurde bei der flächendeckenden Beprobung auf Bäche mit Kontakt zu dem vermuteten Tertiär besonderes Augenmerk gelegt. Als geologische Kartengrundlage zur Planung der Probenahme konnte auf die Aufnahmeflätter von GÜMBEL bzw. MAYER 1854 im Maßstab 1:5000 in der Kartensammlung des BAYERISCHEN GEOLOGISCHEN LANDESAMTES zurückgegriffen werden. Wie sich bei der eigenen Kartierung erst später herausstellte, unterschieden MAYER (1854) und später auch TROLL (1967) nicht zwischen mehr oder weniger autochthonen Hanglehmern (nicht goldführend) und den alluvialen Ablagerungen eines Paläo-Ilz-Flußsystems. Das Auftreten gerundeter Quarzgerölle in letzteren macht die Unterscheidung möglich, so daß in der Übersichtskarte (Abb. 1) nur die alluvialen Sedimente als tertiärzeitliche Beckenfüllung ausgehalten werden.

Die Auswertung von etwa 40 Proben ergibt, daß eine Goldführung in den Bachsedimenten nur dann vorzufinden ist, wenn im Einzugsbereich des jeweiligen Baches tertiäre alluviale Sedimente anstehen. Im Gegensatz dazu tritt in Gebieten mit überwiegend Migmatiten im Einzugsgebiet kein Gold auf.

Die Beprobung der Tertiärsedimente in den Aufschlüssen der großen Ton- und Kiesgruben bei Loizersdorf konnte die Goldführung innerhalb der tertiären Schichtfolge abseits der heutigen Bachläufe bestätigen. Die derzeit im Abbau befindlichen Sande und Kiese sind in Wechsellagerungen chaotisch abgelagert, so daß keine Horizonte bevorzugter Schwermineral- und Goldanreicherung ausgemacht werden konnten.

Die Morphologie der Goldkörner wird von stark gerundeten und häufig umgebogenen und gefalteten Goldplättchen dominiert (Abb. 2). Dies weist auf

eine Transportweite von einigen 10 km hin. Die Korngröße des Goldes schwankt von etwa 50 µm bis zu 4 mm, wobei Körner über 1 mm sehr selten sind. Die durchschnittliche Größe liegt bei etwa 300 µm.

Der Zusammensetzung der Goldkörner an der Oberfläche beträgt bei allen gemessenen Körnern (etwa 60 Stück) immer 100 % Au und deutet auf einen starken sekundären Laugungsprozess der Seifengoldkörner hin. Neben Gold konnte nur Eisen analytisch nachgewiesen werden, das in Form von Hydroxidüberzügen auf manchen Goldkörnern liegt. In den tertiären Sedimenten deutet sich eine Zirkulation stark eisenhaltiger Lösungen auch durch das Auftreten von bis zu dm-dicken Eisenoxidkrusten an.

Obwohl die meisten Goldkörner aus den tertiären Sedimenten eine starke Deformation aufweisen, lassen sich an einigen bereits im Auflichtmikroskop schwammartig-poröse Strukturen an der Oberfläche erkennen (Abb. 3). Anhand von polierten Streupräparaten konnte der komplexe innere Aufbau dieser Körner bestätigt werden. Es handelt sich um typische ehemalige myrmekitische Verwachsungen von Gold und Bismut, von denen nur noch das verwitterungsresistente goldene Gerüst übrig geblieben ist (Abb. 9). Es können sowohl mikroskopisch wie mikroanalytisch zwei unterschiedliche Generationen von Gold in a) massiven silberreichen Goldaggregaten und b) silberarmen „Skeletten“ aus der ehemals myrmekitischen Verwachsung unterschieden werden. Diese Beobachtung entspricht den Ergebnissen von MARTINEK & LEHRBERGER (1996) und FEHR et al. (dieser Band) an anderen Goldvorkommen des Bayerischen Waldes und deutet auf eine Herkunft aus primären Lagerstätten in Gneisen des Moldanubikums hin.

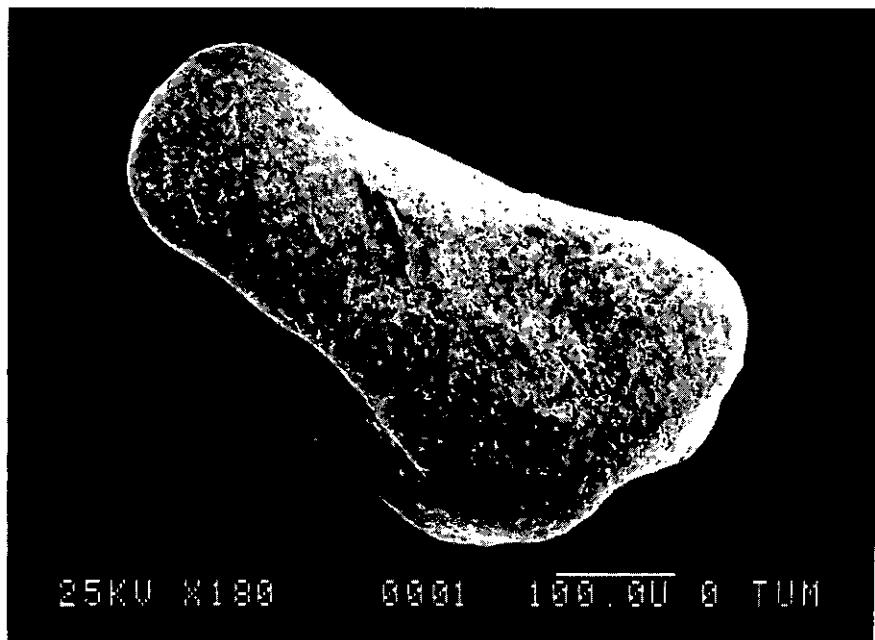


Abb. 2. Gut gerundetes typisches Goldkorn aus den Tertiärsedimenten der Firma Bachl östlich von Loipersdorf, Probe Nr. 10431. REM-Foto, Bildbreite 1,2 mm.

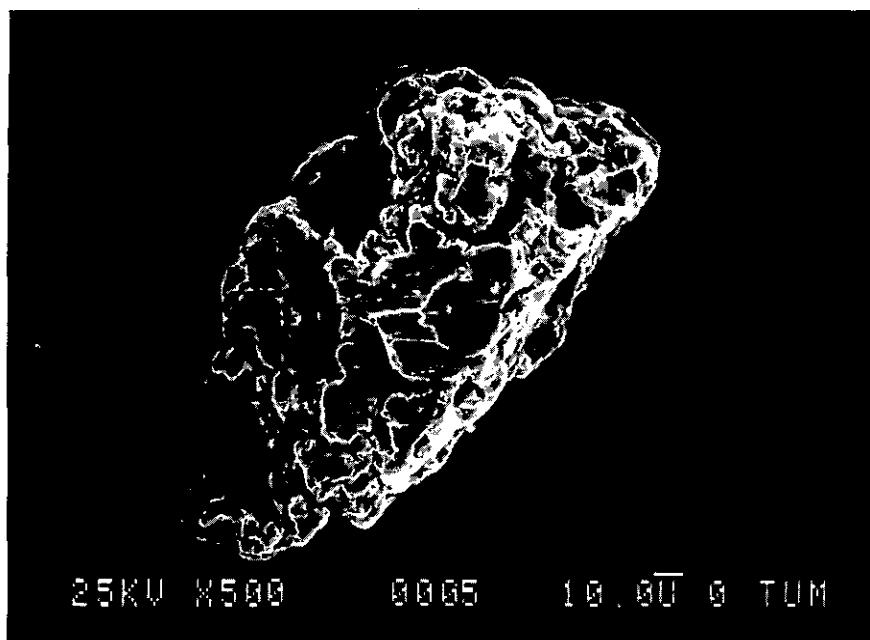


Abb. 3. Myrmekitisches Goldkorn aus dem Langwiesenbach nördlich von Pötzersdorf, Probe Nr. 10411, REM-Foto, Bildbreite 0,35 mm.

Für die von DE LAS CUEVAS & VILADEVALL (1986) postulierte Assoziation der Goldvorkommen des Gebietes mit den Strukturen des Bayerischen Pfahls können keinerlei Anhaltspunkte gefunden werden. Der Ursprung der Goldkörper in den tertiären Sedimenten könnte im Bereich des bayerisch-böhmischen Grenzkammes, z. B. im Rachelgebiet, liegen. So lässt sich auch in den Sedimenten der Ilz bei Schneidermühl Gold finden, das in Form und Größe denjenigen aus den tertiären Sedimenten entspricht. Die am Rachel entspringende Große Ohe stellt einen der wichtigsten Zuflüsse der Ilz dar. Das tertiäre Ilz-Flussystem dürfte auch damals aus dem Grenzkamm Gold nach Süden in die tertiären Talsysteme transportiert haben.

Allerdings konnte man bisher keine Anhaltspunkte für die von BEER (1925: 55) aufgestellte Behauptung finden, aus dem Gold der Ilz seien im 14. Jahrhundert Goldmünzen geprägt worden. Die mit „Ex Auro Illissi“ beschrifteten Münzen konnten nirgends nachgewiesen werden und sind auch aufgrund des angegebenen frühen Prägedatums eher unwahrscheinlich.

Die Untersuchung der sonstigen Schwerminerale ergibt im Bereich der metamorphen Gesteine des Moldanubikums üblicherweise ein Mineralspektrum von Monazit (gerundet), Zirkon (gerundet bis idiomorph), Granat, Ilmenit, Magnetit (in Spuren), Rutil und verschiedenen Amphibolen. In Bächen, in deren Einzugsgebiet überwiegend tertiäre Sedimente auftreten, finden sich wesentlich geringere Mengen an Amphibolen, dafür treten aber Kassiterit und Scheelit auf. Kassiterit kommt in bis zu 3 mm großen idiomorphen Kristallen vor.

Als Artefakte findet man insbesondere im Kothingruber Bach flussabwärts von Kothingruber Bach erhebliche Mengen an Schmelzkügelchen, die auf ein ehemaliges Hammerwerk zurückzuführen sein dürften.

### 3.2. Gebiet um Eisenberreut

Im Bereich der neu entdeckten Abbauspuren am Eisenberreuter Bach konnte auch ein bislang unbekanntes Goldvorkommen untersucht werden. Die geologische Situation des Goldvorkommens ist mangels Aufschlüssen nur schwierig zu erfassen. Lediglich in einem Graben, der zur Umleitung eines Baches mit dem Bagger gezogen wurde, konnte stark verwitterter Migmatit gefunden werden. Da auch aus den Lesesteinen in diesem Gebiet neben Migmatit nur Cordierit-Sillimanit-Gneise identifiziert werden konnten, ist anzunehmen, daß die Goldvorkommen und Bergbauspuren vollständig in den hochmetamorphen Gesteinen liegen.

Die Goldkörner aus dem Niederperlesreuter und Eisenberreuter Bach sind nur wenig gerundet und weisen teilweise Kristallformen auf (Abb. 4). Bei Untersuchungen mit dem REM ergaben sich Silbergehalte von bis zu 35 % an der Oberfläche, durchschnittlich liegt der Silbergehalt bei etwa 20 %. Damit unterscheiden sie sich deutlich von den Goldkörnern aus den tertiären Sedimenten im Westen. Die Größe der Goldkörner schwankt zwischen 100 µm und 1 mm. Viele Goldkörner zeigen eine poröse Oberfläche, die im Anschliff auf eine interne Myrmekitstruktur zurückgeführt werden kann (Abb. 5). Die Morphologie und silberreiche Zusammensetzung der Goldkörner weisen darauf hin, daß diese Körner wohl aus einer sehr nahe gelegenen primären Vererzung stammen. Die innige Verwachsung verschiedener Generationen von Gold kann auch innerhalb einzelner Goldkörner beobachtet werden, wenn massives, silberreiches an schwammartiges, silberarmes

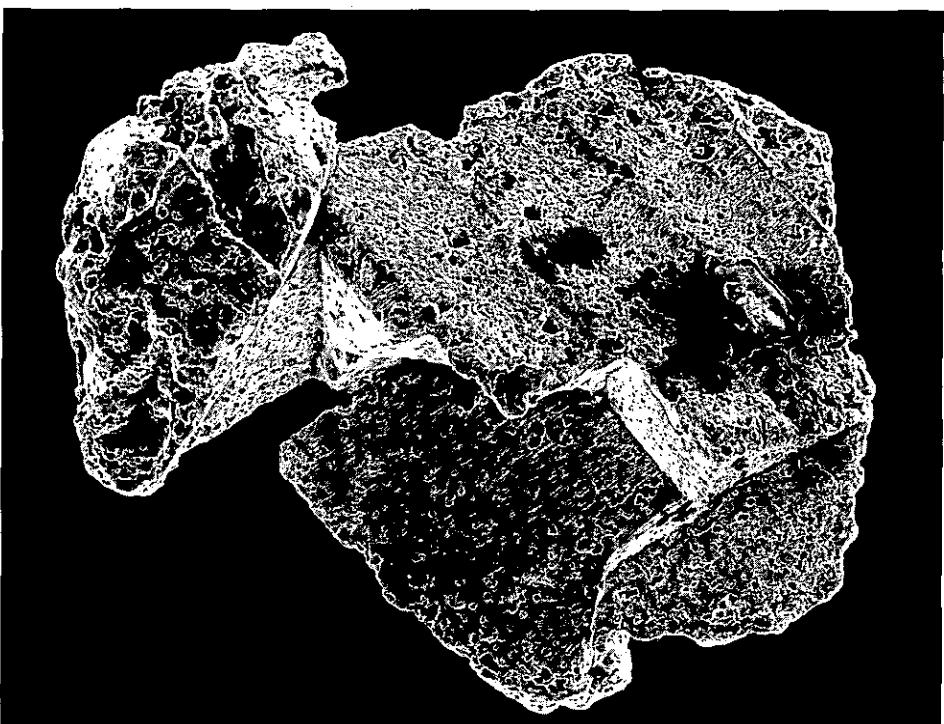


Abb. 4. Goldkorn mit teilweise ausgebildeten Kristallformen aus dem Eisenberreuter Bach,  
Slg. HARTL. REM-Foto, Bildbreite: 0,7 mm.

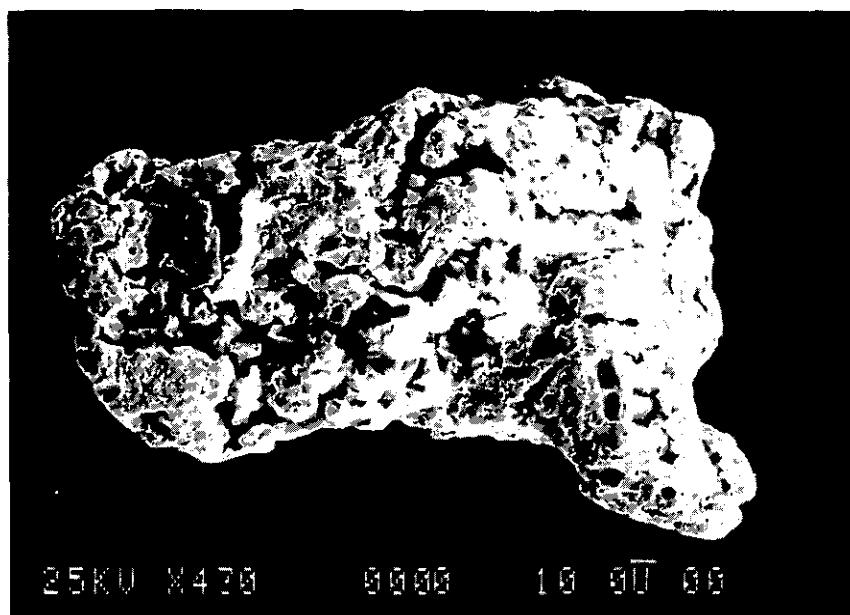


Abb. 5. Myrmekitisches, leicht gerundetes Goldkorn aus dem Eisenberreuter Bach,  
Probe Nr. 10439. REM-Foto, Bildbreite: 0,4 mm.

Gold aus der ehemaligen Au-Bi-Verwachsung grenzt (Abb. 6). Aufgrund der Beobachtungen an den Goldkörnern ist eine primäre Vererzung mit einer Arsen-Gold-Bismut-Assoziation wahrscheinlich, wie sie von MORÁVEK et al. (1992), LEHRBERGER et al. (1990), MARTINEK & LEHRBERGER (1996), FEHR et al. und HARTL et al. (beide in diesem Band) in anderen Teilen des Moldanubikums in Böhmen und Bayern gefunden wurden.

Die in der Umgebung von Eisenberreut untersuchten Schwermineralkonzentrate enthalten Ilmenit, Monazit, Zirkon, Granat (deutlich größer als in Tittling) sowie Amphibole. Zinnstein fehlt völlig, Scheelit tritt jedoch auf, was für ein Vorkommen unabhängig von den großen Intrusionskomplexen spricht. Des Weiteren konnten mehrere Körner von Pyromorphit nachgewiesen werden, deren Herkunft zunächst ungeklärt bleibt. Schmelzkügelchen anthropogener Herkunft sind nur vereinzelt vorhanden.

#### 4. Spuren des historischen Goldbergbaus

Obwohl aufgrund der Ergebnisse der Bachsedimentprospektion sicher von einer historischen Gewinnung von Gold im Untersuchungsgebiet auszugehen ist, konnten bisher keine Archivalien darüber gefunden werden. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, daß 1961 das Staatsarchiv Landshut auf der Burg Trausnitz niedergebrannte und dabei ein erheblicher Teil der Akten aus dieser Region den Flammen zum Opfer fiel. So sind z. B. in einem Ordner über Goldwaschrechte aus dem Gericht Fürsteneck, zu dem auch das Untersuchungsgebiet teilweise gehörte, durch die Brandbeschädigung nur Teile der Texte lesbar. Dabei handelt es sich aber

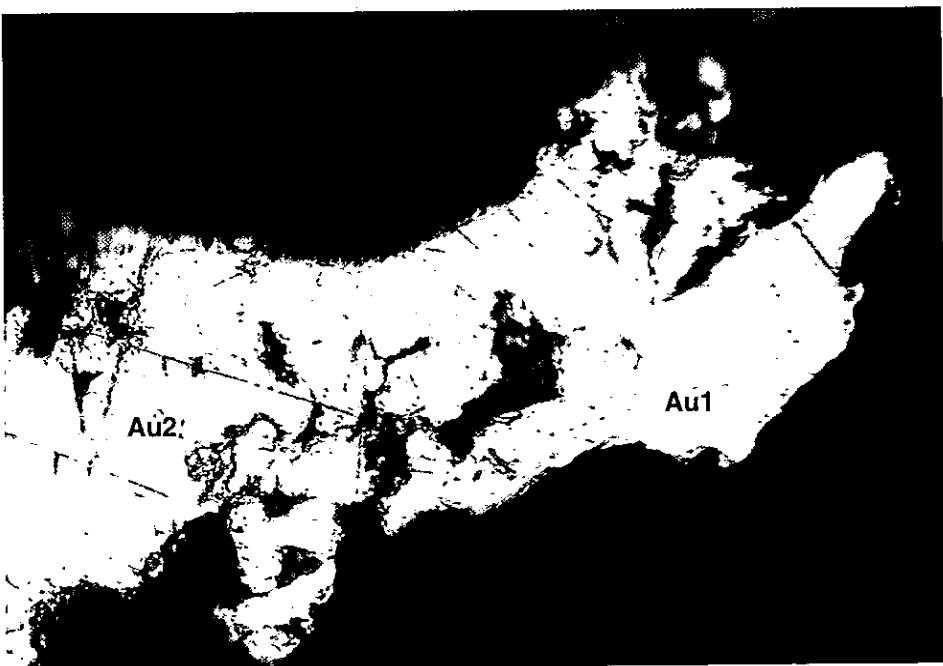


Abb. 6. Komplexe Verwachsung von silberreichem, hellgelbem Gold (Au1) und silberarmem, dunkelgelbem Gold (Au2) mit myrmekitischen Reliktformen, Probe Nr. 10428, Eisenbernreuter Bach. Mikrofoto eines polierten Anschliffes, Bildbreite: 0.2 mm.

nur um Informationen über die Goldwäscherei an der Donau, am Inn und am Unterlauf der Ilz. Ein ähnliches Schicksal erlitten auch die zwei lokalen Heimatarchive in Tittling und Perlesreut, die im 19. Jahrhundert den Flammen zum Opfer fielen.

Somit ist man bei der Suche nach Spuren des ehemaligen Bergbaus weitgehend auf Geländebefunde angewiesen. Bisher konnten an drei Stellen Abbauspuren sicher identifiziert werden. Der Typ der Spuren entspricht den im Bayerischen Wald weitverbreiteten Grübenfeldern, die auf die Gewinnung von Gold aus Sedimenten oder aus stark verwittertem Gestein zurückzuführen sind (LEHRBERGER 1996). Die in anderen Gegenden typischen Artefakte wie amalgamierte Goldkörner oder freies Quecksilber konnten bisher an keiner Stelle gefunden werden. Unter Umständen spricht dies für eine weit zurückliegende Goldwaschätigkeit.

#### 4.1. Eisenbernreut

Im Waldstück nordwestlich von Eisenbernreut sind Seifenhügel und Grabspuren in gutem Zustand auf einer Fläche von etwa 500 × 300 m erhalten geblieben (Abb. 1, Abb. 7). Die Abbauspuren erstrecken sich in einer Höhe von 450 bis 470 m am westlichen Ufer des Eisenbernreuter Baches. Ursprünglich hatte das Abaugebiet eine noch größere Ausdehnung nach Osten über den Eisenbernreuter Bach hinweg, dort wurden sie aber im Rahmen der landwirtschaftlichen Nut-

zung eingeebnet. Die Seifenhügel, Trichtergruben und Gräben sind nur noch andeutungsweise an der unruhigen Morphologie des heutigen Wiesengeländes nachvollziehbar. Auch im Verlauf des Baches südlich von Eisenbernreut (am Hochwegener Bach) sind noch schlecht erhaltene Spuren erkennbar.

Die Entdeckung der Abbauspuren geht auf Geländebegehungen von PAUL FREUND und ELMAR HARTL zurück. Die örtliche Bevölkerung wußte bisher nichts über die Entstehung dieser Hügel. Die Goldgewinnung ist allerdings in den Orts- und Flurnamen erhalten geblieben. Einen wichtigen Hinweis liefert die Urkatasteraufnahme aus der Mitte des vorigen Jahrhunderts, in der der Flurname „Golbert“ im Bereich der Abbauspuren belegt ist. Im lokalen Dialekt steht dieser

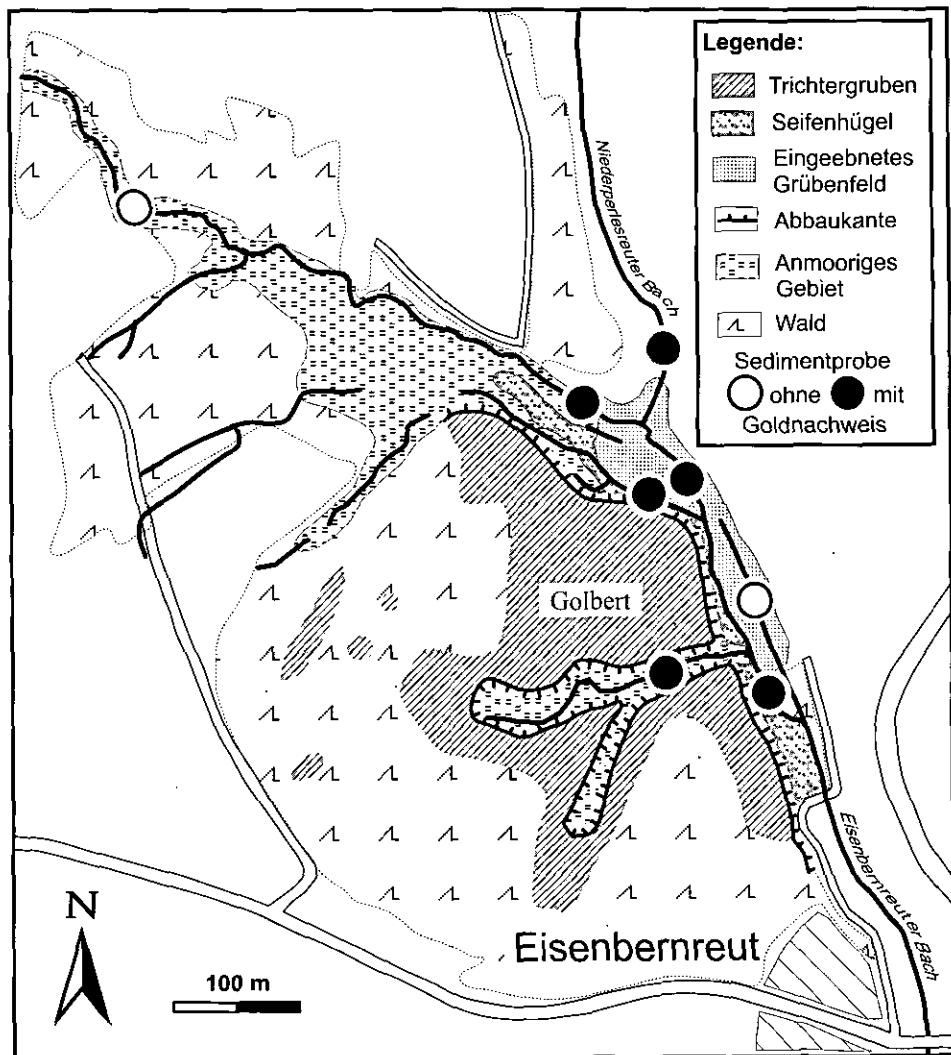


Abb. 7. Lage und Ausdehnung der Bergbauspuren der historischen Goldgewinnung am Eisenbernreuter Bach, mit Ergebnissen der Bachsedimentprospektion.

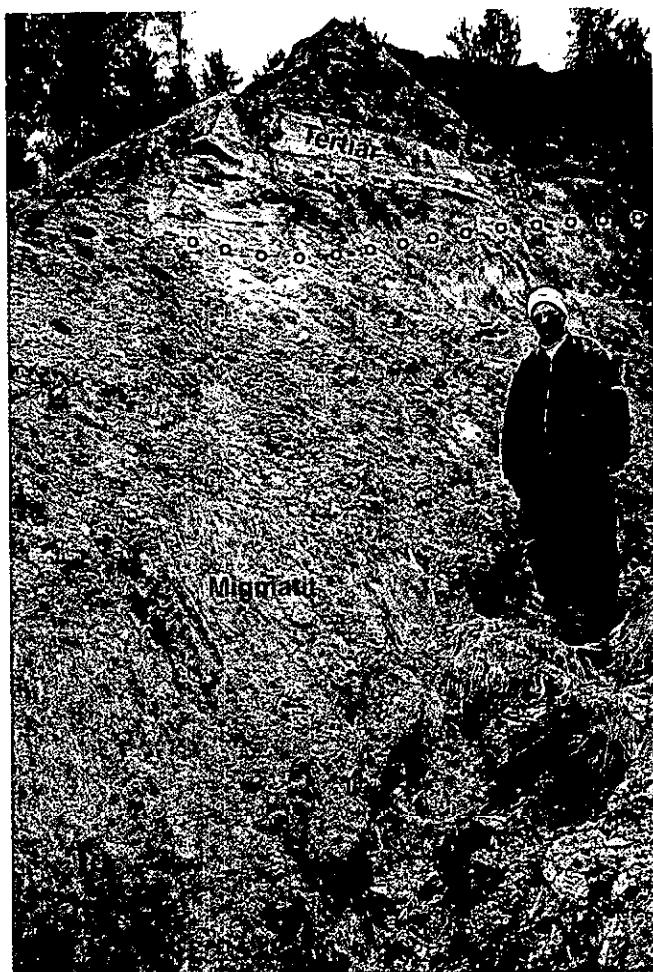


Abb. 8. Kontakt zwischen Migmatit und diskordant auflagernden tertiären Ablagerungen, S-Wand der Grube Firma Bachl östlich Loizendorf.

Begriff für „Goldberg“. Ein weiteres wichtiges Indiz bei der Suche nach Relikten der Goldgewinnung in den Flurnamen ist die Auskunft einer alten Bewohnerin von Eisenberndreut zu werten, nach der das südlich an die Seifenhügel anschließende Tal „Waschtal“ genannt wird.

Der Aufbau der Seifenhügel konnte durch einige Schürfe geklärt werden. Die Hügel bestehen hauptsächlich aus unsortierten, schwach gerundeten Quarzkomponenten. Die Seifenhügel werden von einer etwa 20–30 cm dicken Humusschicht überdeckt, was auch für eine frühe Goldgewinnung spricht.

#### 4.2. Eppendorf

Im Waldstück zwischen Eppendorf und der Kläranlage der Gemeinde Witzmannsberg-Rappenhof wurde im Zuge der geologischen Kartierung ein gut



Abb. 9. Myrmekitische Struktur im Inneren eines Seifengoldkernes aus den Tertiärsedimenten.  
Probe 10432. Mikrofoto eines polierten Anschliffes, Bildbreite ca. 0,3 mm.

erhaltenes Grübenfeld entdeckt (Abb. 1). Das Abbaugebiet besteht aus zahlreichen bis mehrere Meter hohen bzw. tiefen Seifenhügeln, Trichtergruben und Schürfgräben und bedeckt eine Fläche von ca.  $300 \times 150$  m. Das Grübenfeld liegt innerhalb der Tertiärsedimente.

Bemerkenswert ist die Tatsache, daß die Bachsedimentbeprobung im Bereich des Grübenfeldes die höchsten Goldgehalte und die größten Goldkörner lieferte. Dies zeigt, daß die frühen Goldprospektoren den Wasserläufen sehr genau bis zu ergiebigsten Gebieten stromaufwärts folgten.

Für diese Gegend konnten bisher keine Flurnamen mit Bezug zur Goldgewinnung gefunden werden, es gibt auch keine Hinweise auf die Entstehung der Abbausspuren aus der örtlichen Bevölkerung.

#### 4.3. Sonstige Gebiete

Ebenfalls durch die geologische Kartierung konnte ein etwa  $150 \times 50$  m großes Seifen hügelfeld zwischen Kothingruber und der östlichen Grube BACHL entdeckt werden (Abb. 1.). Es liegt an der Westseite eines kleinen Bachlaufs in einem Waldstück und hatte früher eventuell noch größere Ausmaße, da die Ostseite landwirtschaftlich genutzt wird und im Zuge dieser Nutzung eine Einebnung anzunehmen ist. Geologisch gesehen befinden sich die Seifenhügel innerhalb der tertiären Sedi-

mente. Der Bereich ist in der Urkatasterkarte mit dem Flurnamen „Kohlwies“ belegt, der sich vermutlich von der Dialektbezeichnung für „Goldwiese“ ableitet.

Nur eingeschränkt begeh- und kartierbar ist ein Waldstück nordwestlich von Rappenhof mit undeutlichen Abbauspuren. Eben solche finden sich auch auf einem 30 × 50 m großen Areal am Kothingruber Bach ca. 500 m nördlich von Loizersdorf (vgl. Abb. 1). Weitere, relativ kleine Seifenhügel konnten am östlichen Ufer des Langwiesenbach südlich von Pötzersdorf gefunden werden. Hier enthalten die Bachsedimente feinkörniges Gold in auffällig hoher Menge.

**Danksagung:** Wir danken Herrn ELMAR HARTL für die Anregung zur Neubearbeitung dieses Gebietes. Seine unermüdliche Suche nach Spuren der historischen Goldgewinnung hat ein bisher weitgehend unbekanntes Gebiet erschlossen. Der Firma PREUSSAG AG Metall sei für die Überlassung von Arbeitsergebnissen herzlich gedankt. Der Verwaltungsgemeinschaft Tittling danken wir für die Unterstützung der Geländearbeiten. Dem Kieswerksbetrieb der Firma BACHL, vor allem Herrn Betriebsleiter ANTON PRECHTL sei für die Erlaubnis des Zugangs zum Gruben- gelände bei Loizersdorf herzlich gedankt.

## 5. Literatur

- BEER, K. (1925): Der Böhmerwald und der Bayerische Wald. – Monogr. zur Erdkunde, **34**: 1–154, Bielefeld u. Leipzig.
- DE LAS CUEVAS, C. & VILADEVALL, M. (1986): Prospección geoquímica y a la batea en el sector de Tittling (Baviera, República Federal de Alemania). – Rev. Inv. Geol., **42/43**: 135–145, Barcelona (Universidad).
- GÜMBEL, C. W. (1868): Geognostische Beschreibung des Königreichs Bayern. Zweite Abteilung: Geognostische Beschreibung des Osthayerischen Grenzgebirges oder des Bayerischen und Oberpfälzer Waldgebirges. – 968 S., Gotha (Perthes).
- LEHRBERGER, G. (1996): Goldlagerstätten und historischer Goldbergbau in Bayern. – In: Gold im Herzen Europas. Katalog zur Ausstellung. Schr.-R. Bergb. Ind.-Mus. Ostbayern, **34**: 17–63, Theuern.
- LEHRBERGER, G. & MARTINEK, K.-P. (1996): Metamorphe Goldvererzungen und assozierte Seifenhäusern im Moldanubikum des Bayerischen Waldes und südlichen Böhmerwaldes. – In: OBERMÜLLER, T. [Hrsg.]: Mineralien und Lagerstätten des Bayerischen Waldes. Tagungsbd. z. VFMG-Sommertagung, 179–197, Kötzting.
- LEHRBERGER, G., PREINFALK, CHR., MORTEANI, G. & LAHUSEN, L. (1990): Stratiforme Au-As-Bi-Vererzung in Cordierit-Sillimanit-Gneisen des Moldanubikums bei Oberviechtach-Unterlangau, Oberpfälzer Wald (NE-Bayern). – Geologica Bavaria, **95**: 133–176, München.
- MARTINEK, K.-P. & LEHRBERGER, G. (1993): Morphologie und chemische Zusammensetzung von Seifengold aus dem Falkensteinmassiv bei Zwiesel (Bayerischer Wald). – Eur. J. Mineral., **5**, Beih. 2: 229, Stuttgart.
- MARTINEK, K.-P. & LEHRBERGER, G. (1996): Die Goldvorkommen im Bayerischen Wald unter besonderer Berücksichtigung des Zwieseler Winkels. – Der Bayerwald, **4/96**: 7–26, Zwiesel (Bayer. Wald-Ver.).
- MORÁVEK, P. et al. (Aut.-Koll., 1992): Zlato v Českém masívu [Gold in the Bohemian Massif]. – 245 S., Prag (Czech Geol. Surv.).
- TROLL, G. (1964): Das Intrusivgebiet von Fürstenstein, Bayerischer Wald. – Geologica Bavaria, **52**: 1–140. München.
- TROLL G. [Hrsg.] (1967): Führer zu geologisch-petrographischen Exkursionen im Bayerischen Wald. – Geologica Bavaria, **58**: 1–188, München.

# GEOLOGICA BAVARICA VARIA

Wissenschaftliche Mitteilungen  
aus dem Bayerischen Geologischen Landesamt

## Der Ortenburger Schotter am Nordrand der ostbayerischen Molasse

Von HEINZ JOSEF UNGER

Mit 23 Abbildungen und 3 Tabellen

### Kurzfassung

Das derzeitige Wissen über den Ortenburger Schotter – seine Petrographie, seine Lagerung über- und untertage sowie seine stratigraphische Einstufung – wird monographisch vorgelegt. Beim Ortenburger Schotter handelt es sich um einen grobsandigen Fein- bis Grobkies weißgrauer Farbe, dessen Wurzelzone nach dem Schwermineralspektrum in den Alpen liegen muß. Er dürfte im Gebiet südlich Amstetten (Niederösterreich) in den sich entwickelnden Kalkalpen seine Wurzeln gehabt haben und entlang des nach Süden ausgreifenden Kristallins der böhmischen Masse seinen Weg nach Nordwesten genommen haben. Erosiv tiefe er sich dabei in oligo-miozäne Sedimente, die ursprünglich küstennah am Nordrand der Paratethys abgelagert wurden (vermischt mit fluviatilen Einschüttungen von Norden) ein und nahm auf seinem Weg nach Nordwesten marine und brackische Faunen, Reste von terrestrischen Säugern und Kieselhölzer mit, die, bei nachlassender Transportkraft, resedimentiert wurden.

Dieser Fluß entstand im oberen Oberottnang, nach der Ablagerung der Unteren Oncophora-Schichten in Ostniederbayern, als sich der verlandende Rest der Oncophora-See nach Süden zurückzog.

Der Ortenburger Schotter wurde nördlich dieses Oncophora-See-Restbeckens in Ostniederbayern sedimentiert und liegt nirgends in Verzahnung mit den Oberen Oncophora-Schichten vor. Erosiv tiefe er sich bis in die Glaukonitsande und Blättermergel des Mittleren Ottnang ein.

Die lagenweise gehäuft im Ortenburger Schotter auftretenden, zum Teil sehr großen Kieselhölzer, zeigen teils geringe, teils starke Rundung. Die ursprünglichen Standorte dieser eozänen bis miozänen, tropischen bis subtropischen Hölzer dürften am Nordrand der Paratethys, z. T. im Litoralbereich, gelegen haben. Der Einkieselungsprozeß fand wahrscheinlich *in situ* an ihrem primären Standort statt. Ein Antransport der Kieselhölzer aus den sich entwickelnden Alpen im Süden ist, abgesehen von der Länge des Transportweges, wegen der teilweise großen und durch den Transport kaum veränderten Stämme, wenig wahrscheinlich, was natürlich nicht heißt, daß nicht kleine, gut gerundete Kieselholzreste auch weiter aus dem Süden oder Norden (Budweiser Becken?) stammen könnten.

Der Ortenburger Schotter-Strom war im oberen Oberottnang aktiv und die Feststellung kann nur wiederholt werden, daß er offensichtlich die erste große grobklastische Schüttung der Oberen Süßwassermolasse war, die das Molassebecken von Osten her aus den Alpen erreichte. Ihr folgten aus den Alpen, zeitlich später und wahrscheinlich aus weiter westlich gelegenen Wurzelzonen die Schüttungen des Nördlichen Vollschotters (aus dem Ennstal?) und des Südlichen Vollschotters (aus dem Salzachtor).

### Abstract

The actual knowledge of the Ortenburg Gravel, its petrography, depositional environment and evolution as seen on surface and underground, and its stratigraphic position, is monographically presented. The Ortenburg Gravel is composed of coarse sandy fine to coarse gravel of white-grey colouration whose provenance area, according to the heavy mineral composition, must lie in the Alps. It is thought to have had its origin in the developing Calcareous Alps in the region to the south of Amstetten of Lower Austria and to have found its way to the northwest on the southern border of the crystalline basement of the Bohemian massif. On its way it cut erosionally into

Oligo-Miocene sediments that were originally deposited in a near-shore environment at the northern rim of the Paratethys together with fluvial deposits from the north. It also took up marine and brackish fauna, remnants of terrestrial mammals and silicified wood which were redeposited when transport forces abated.

This river had its origin in the Upper Ottnang period after the Lower Oncophora beds were deposited in East Lower Bavaria and, the remainder of the Oncophora Sea being filled up with sediments, withdrew to the south.

The Ortenburg Gravel was deposited north of what was left of this Oncophora Sea basin in East Lower Bavaria and shows nowhere interfingering with the Upper Oncophora beds of Middle Ottnang age. It lowered its river bed erosionally down to the glauconite sands and Blättermergel (thinly laminated marls) of the Middle Ottnang stage.

The silicified wood fragments found enriched in layers of the Ortenburg Gravel are in parts very large and show little to strong roundness. The original places at which these Eocene to Miocene, tropical to subtropical trees grew are surmised to have been along the northern rim of the Paratethys, in parts within the littoral zone. The silicification process probably took place in situ at the primary growth site. Transport of the silicified wood from the Alps that were developing in the south to today's places of occurrence is, apart from the long transport distance, in view of the size and little alteration of some of them not very likely. This does not mean that some smaller, well rounded remnants of silicified wood could not originate further in the south or north (Budweis Basin?).

The Ortenburg Gravel stream was active in upper Upper Ottnang times and it can only be restated here that it was obviously the first large coarse clastic depositional body of the "Obere Süßwassermolasse" to have reached the Molasse basin out of the Alps from the east. It was followed from the Alps, chronologically later and probably from root zones lying further to the west, by the deposition of the "Nördliche Vollschotter" (from the Enns Valley) and the "Südliche Vollschotter" (from the Salzach Valley).

## Inhalt

1. Einleitung .....	362
2. Der Ortenburger Schotter .....	363
2.1. Verbreitung .....	363
2.2. Petrographie .....	365
2.3. Fauna und Flora .....	365
2.4. Lagerung und Mächtigkeit .....	366
2.5. Das tektonische Umfeld der Ortenburger Schotter-Rinne .....	370
2.6. Die obertägige Verbreitung und Lagerung des Ortenburger Schotters .....	371
2.6.1. Gradabteilungsblatt Nr. 7446 Passau .....	371
2.6.2. Gradabteilungsblatt Nr. 7444 Aidenbach und Nr. 7445 Ortenburg .....	372
2.7. Der Ortenburger Schotter in Bohrungen nordwestlich des Aidenbacher Abbruchs .....	376
3. Das Alter des Ortenburger Schotters .....	383
4. Zur Frage der Herkunft der Kieselhölzer im Ortenburger Schotter und einige Bemerkungen zur paläogeographischen Entwicklung des ostniederbayerischen Raumes ab dem Eozän .....	386
5. Literatur .....	392

## 1. Einleitung

Seit der grundlegenden Arbeit über den Ortenburger Schotter (UNGER 1983 a) erschienen im Rahmen der geologischen Landesaufnahme des Bayerischen Geologischen Landesamtes eine Reihe von Kartenblättern in den Maßstäben 1 : 50 000 und 1 : 25 000, die das Gebiet des zutage anstehenden Ortenburger Schotters in

Ostniederbayern abdecken (UNGER 1983 b: Gk 50 Blatt Nr. L7342 Landau a. d. Isar; UNGER 1984: Gk 50 Nr. L7544 Griesbach im Rottal; BAUBERGER & UNGER 1984: Gk 25 Nr. 7446 Passau; UNGER & BAUBERGER 1985: Gk 25 Nr. 7546 Neuhaus am Inn; UNGER & BAUBERGER 1991: Gk 25 Nr. 7344 Pleinting).

Rückblickend zeigt sich, daß, trotz zahlreicher neuer Bohraufschlüsse in den vergangenen 12 Jahren, an den Aussagen von 1983 zum Ortenburger Schotter, seiner stratigraphischen Einstufung und seiner Lagerung wenig zu revidieren ist. Kleinere Korrekturen sind lediglich bezüglich seiner randlichen Begrenzung nördlich von Pleinting und seines Hangenden zu machen.

Sinn der vorliegenden Arbeit ist es, den heutigen Wissensstand über den Ortenburger Schotter in einer Zwischenbilanz zu dokumentieren.

## 2. Der Ortenburger Schotter

### 2.1. Verbreitung

Obertage ist der Ortenburger Schotter (von Südost nach Nordwest) reliktisch auf den Gradabteilungsblättern Nr. 7446 Passau, 7445 Ortenburg, 7444 Aidenbach und 7344 Pleinting aufgeschlossen. Nördlich der Vils bei Aldersbach tritt er zum letzten Mal obertage faßbar in Erscheinung.

Unterlage kann er in Bohrungen sicher bis Plattling und wahrscheinlich bis Straubing im Nordwesten verfolgt werden (Abb. 1).

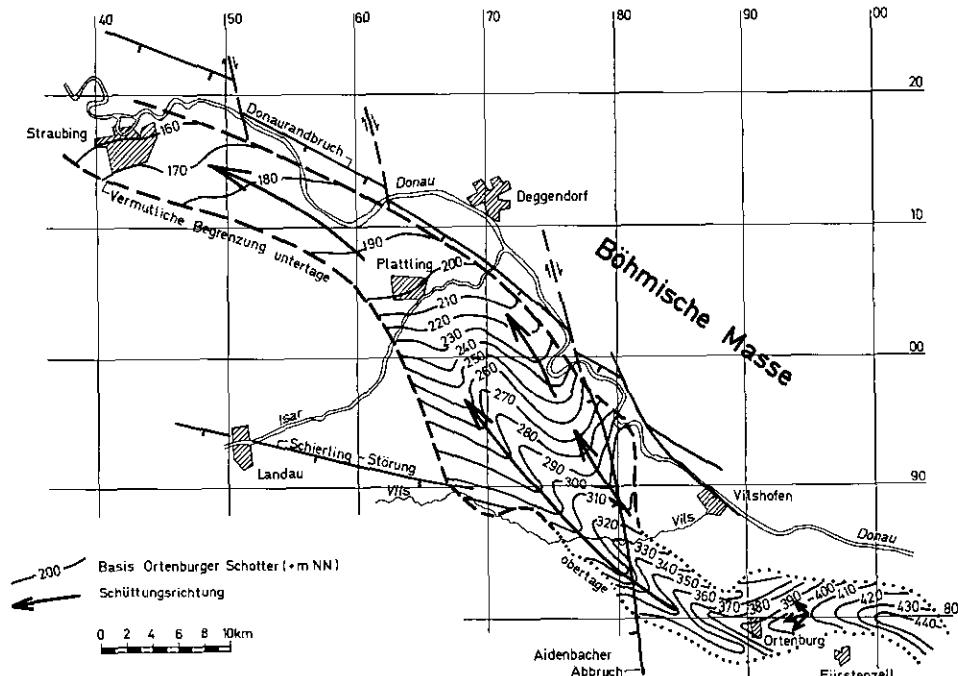


Abb. 1. Der Ortenburger Schotter zwischen Passau und Straubing am Nordrand der ostbayerischen Molasse.

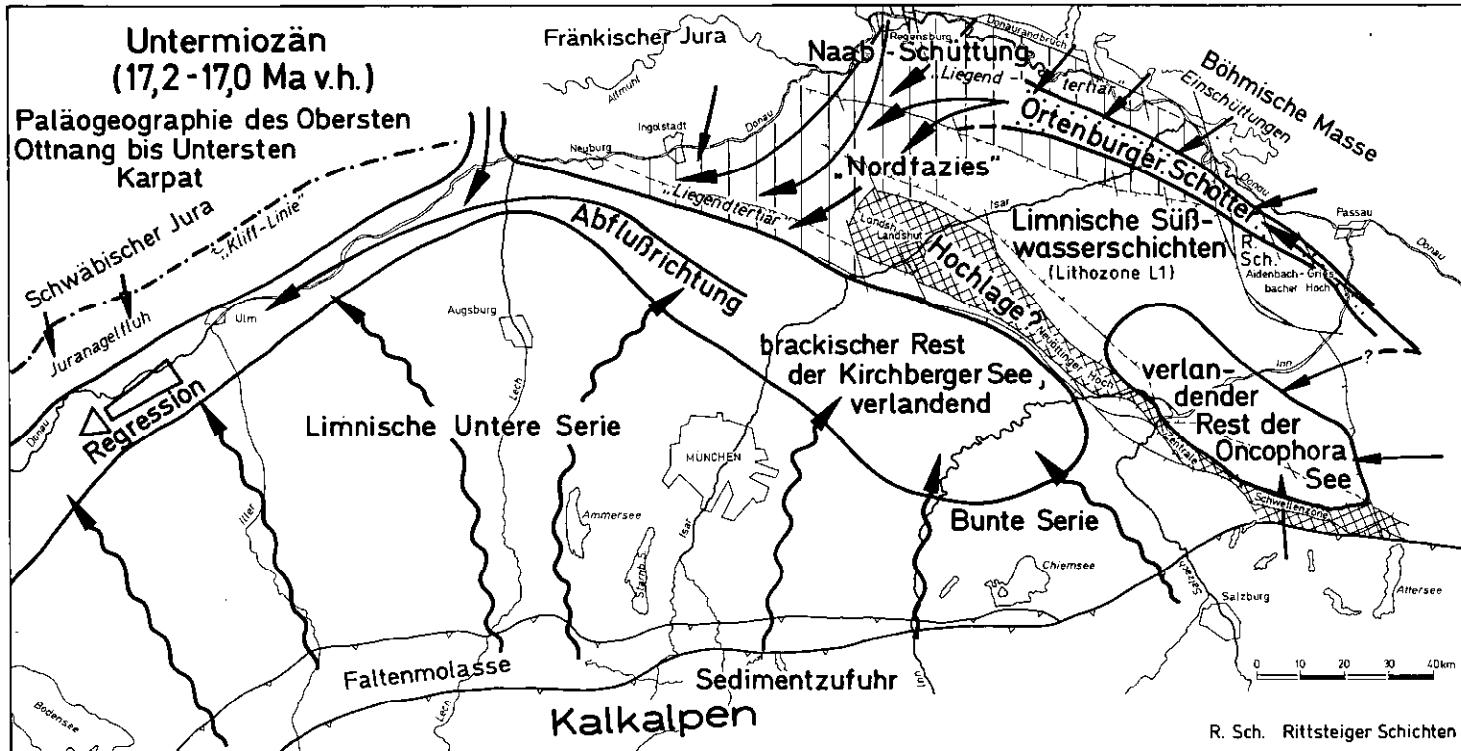


Abb. 2. Paläogeographie des Molassebeckens zur Zeit der Schüttung des Ortenburger Schotters im oberen Oberottang.

Weiter gegen Westen bzw. Südwesten scheint sich der Ortenburger Schotter in den von Norden kommenden Einschüttungen nordfaziellen Charakters zu verlieren, die bereits seit dem Unteren Ottang an Intensität zunahmen und gegen Südwesten entwässerten (Abb. 2).

## 2.2. Petrographie

Petrographisch handelt es sich bei dem weißgrauen Ortenburger Schotter um einen mittel- bis grobsandigen Fein- bis Grobkies bis selten Schotter ( $-14\text{ cm Ø}$ ) mit 50–70 % Quarz und wechselnden Mengen zentralalpiner Gesteine wie Graniten, Diabasen, Quarziten und Lyditen im Geröllspektrum. Der Anteil kalkalpiner Gerölle ist sehr gering, das kalkalpine Spektrum erscheint hauptsächlich in der Grobsandfraktion, was auf einen langen Transportweg deutet. Das mittel- bis grobkörnige Sandzwischenmittel des Ortenburger Schotters führt mäßig viel feinen hellen Glimmer. Die Korngrößenverteilung zeigt zwei Maxima: eines im Mittelkies- und eines im Mittelsandbereich. Teilweise finden sich starke Eisen- und Mangan- Verfärbungen in Form mächtigerer, durchziehender Bänder oder in Linsenform als Relikte alter Grundwasserstandsmarken.

Das Schwermineralspektrum des Ortenburger Schotters ist – so nahe am Rand der Böhmischen Masse überraschenderweise – eindeutig alpin mit Granatgehalten zwischen 82–87 %, Staurolithanteilen zwischen 2–6 %, Epidot- und Zoisit-Gehalten von 1–2 % und geringen Zirkon- und Monazitanteilen bis 1 %. Im Schwermineralspektrum fällt ein stark wechselnder Magnetitgehalt auf, weiters manchmal auffallend gut gerundete Granate, die auch deutliche Anlösungsspuren zeigen können. Hornblende liegt zum Teil stark verwittert, zum Teil ganz frisch vor. Auffallend ist das Auftreten von rosa-farbenen Zirkonen, die typisch sind für alte Gebirge (frdl. mündl. Mitt. U. RAST, GLA, 30. 1.1995; RAST, U. 1991). Entweder diese Zirkone entstammen aufgearbeitetem zentralalpinem Kristallin oder Einschüttungen aus der nördlich lagernden Böhmischen Masse, wie sie u. a. in der Fazies von Holzbach und Höch (UNGER 1984) nachzuweisen sind und die vom Ortenburger Schotter erodiert und vereinnahmt wurden.

## 2.3. Fauna und Flora

Da ich bis jetzt außer Kieselhölzern keine Faunen im Ortenburger Schotter fand, muß ich mich bezüglich der Faunen auf GRIMM (1977:10) und RÖSSNER (1994) beziehen, die vom Fund mariner und brackischer Muscheln und Schnecken sowie von Resten terrestrischer Säugetiere, vor allem von Zähnen und Knochen von Elefanten- und Nashorn-Vorläufern ohne Spezies-Angaben berichten.

Auffallend ist der lagenweise hohe Anteil an Kieselhölzern (u. a. Palmen) im Ortenburger Schotter. In den letzten Jahren kommt man allerdings als Wissenschaftler kaum noch an sie heran, da sie einen florierenden Markt ins Leben riefen, der, entsprechend der Nachfrage, seine Preise hat. Die Kieselhölzer, wahrscheinlich auch die Faunen des Ortenburger Schotters liegen mit Sicherheit auf sekundärer wenn nicht tertiärer Lagerstätte, worauf weiter unten noch ausführlich eingegangen werden wird.

## 2.4. Lagerung und Mächtigkeit

An den Strukturlinienkarten des Ortenburger Schotters im aufgeschlossenen Bereich, wie sie 1983 (UNGER, 1983 a) entworfen wurden, ist nur die nördliche Begrenzung der Ortenburger Schotter-Rinne nordwestlich von Pleinting etwas zu verändern (Abb. 1 dieser Arbeit im Vergleich zu den Abbildungen 3, 6, 7 im folgenden).

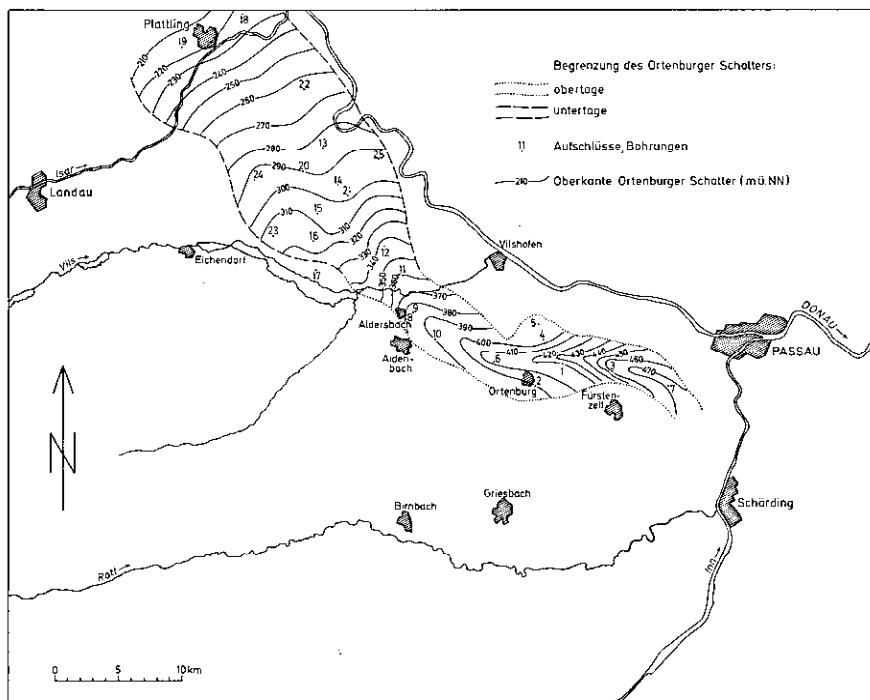


Abb. 3. Strukturlinien Oberkante Ortenburger Schotter (aus: UNGER 1983 a; Abb. 8).

Zwischen Dommelstadt (Fürstenzell) im Südosten und Plattling im Nordwesten fällt die Oberkante des Ortenburger Schotters von etwa + 470 m NN auf + 410 m ab (Abb. 3). Die Basis liegt im Südosten bei + 440 m NN und erreicht bei Plattling etwa + 200 m NN (Abb. 6). Die Gesamtmächtigkeit lässt sich mit maximal 50 m bei Aldersbach angeben; in den einzelnen Rinnen, wie sie sich nachweisen lassen, werden 30–40 m Mächtigkeit erbohrt (Abb. 7). Es fällt auf, daß zwischen Fürstenzell und Aldersbach die heutige Rinnenbegrenzung noch bis zu 30 m mächtigen Ortenburger Schotter zeigt (Abb. 7). Das heißt, daß in diesem regionalen Abschnitt wahrscheinlich größere Flächen mit Ortenburger Schotter erodiert wurden, die Rinnen resp. das Stromgebiet eine größere Breite besessen haben muß. Vermutlich wird man diese Aufarbeitung der Misch- und Moldanubischen Serie des Mittel- bis Obermiozän zuschreiben müssen, da die Nördliche Vollschorter-Schüttung offensichtlich diesen Raum nicht mehr erreicht hat.

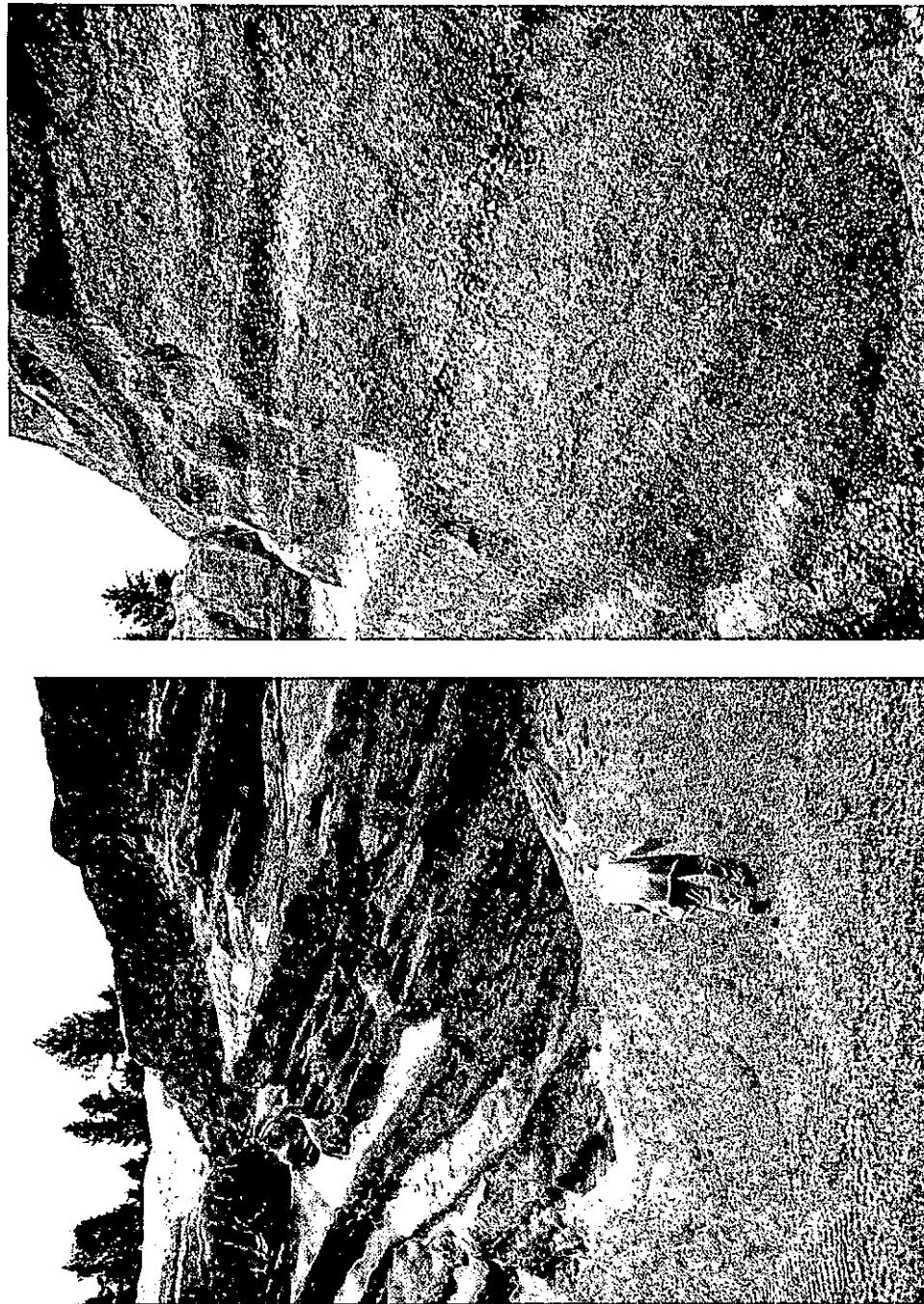


Abb. 4. Aufschlussbild der Lagerung des Ortenburger Schotters in der v. Arentin'schen Kiesgrube im Aldersbach (10. 6. 1995; Exkursion mit Prof. GOTZWALD und Herrn HOLLEIS). Über einem unteren, bis zu  $25^\circ$  nach Westen geneigten Schotterpaket horizontal lagernder Ortenburger Schotter. Im unteren Teil an der Basis der einzelnen „Zyklen“ durchziehende starke Eisenverfärbungen. – Aufnahmen: H. J. UNGER.



Abb. 5. Kiesgrube Rauscheröd, Schüttungsrichtungen der einzelnen Schotterpakete und Gesamtaufschluß (Höhe etwa 30 m). Der untere Teil durch Eisen stark verfärbt. – Aufnahmen H. J. UNGER (8/1994).

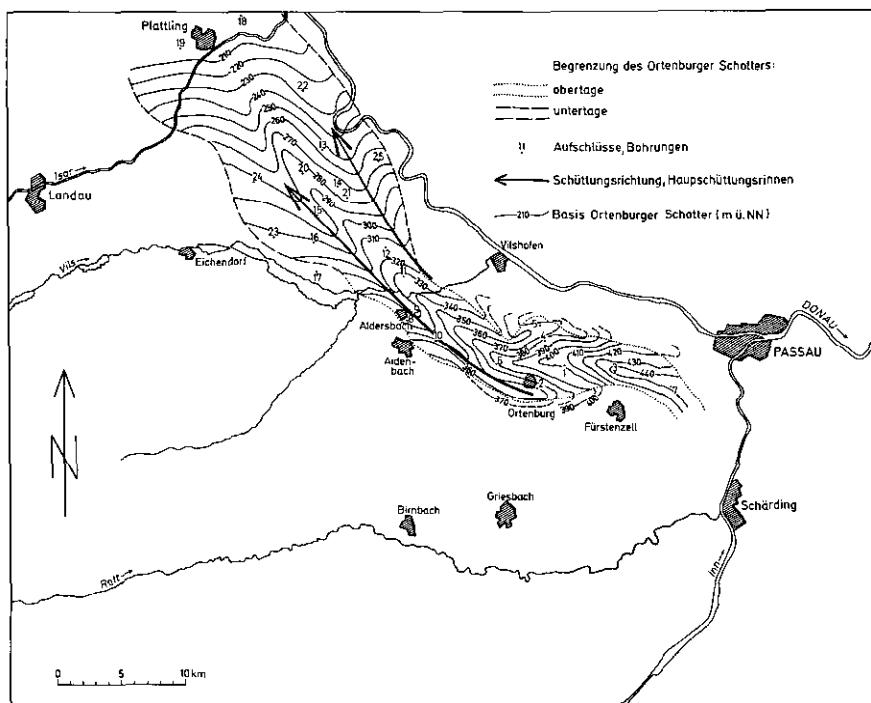


Abb. 6. Strukturlinien Basis Ortenburger Schotter (aus: UNGER 1983 a; Abb. 9).

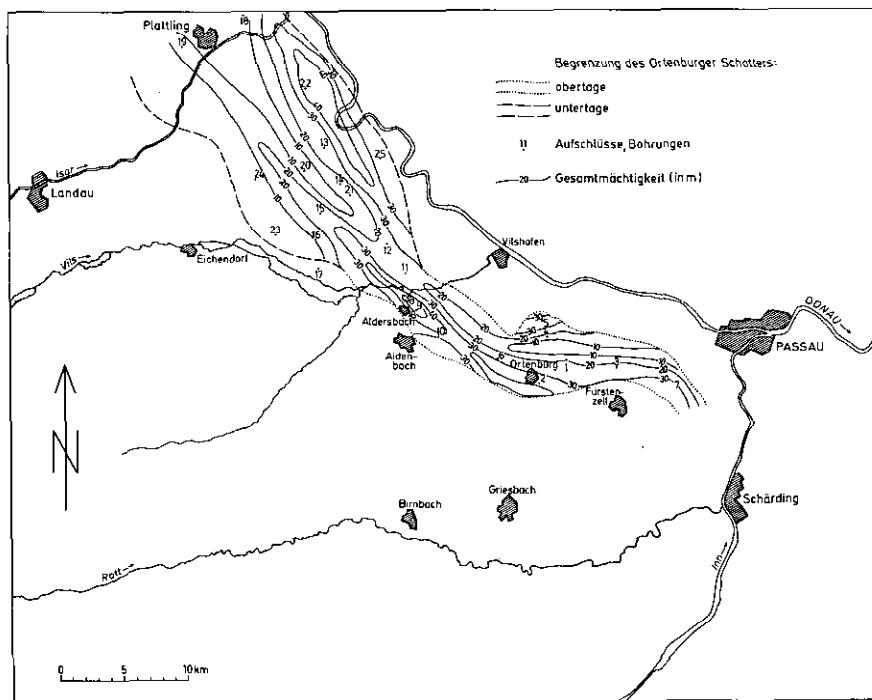


Abb. 7. Gesamtmächtigkeit des Ortenburger Schotters (aus: UNGER 1983 a; Abb. 10).

## 2.5. Das tektonische Umfeld der Ortenburger Schotter-Rinne

Betrachtet man den heute noch faßbaren Verlauf des Ortenburger Schotter-Stromes so zeigt sich, daß er als relativ schmaler Streifen von Ost nach West das Aidenbach-Griesbacher Hoch (UNGER 1984) überquert, am Aidenbacher Abbruch einen Schwenk nach Nordwesten bei gleichzeitiger Verbreitung (untertage) hin zum Donaurandbruch macht (Abb. 1). Inwieweit sich der Aidenbacher Abbruch und die Schierling-Störung auf den Lauf des Ortenburger Schotter-Stromes auswirkten, ist schwer zu beantworten; daß sie die Laufrichtung beeinflußten, ist aus der heutigen Lagerung zwar nicht zu beweisen, doch als wahrscheinlich anzunehmen.

In der v. Arentin'schen Kiesgrube in Aldersbach war 1995 eine Lagerungsabfolge an der Abbauwand aufgeschlossen, die eventuell auf eine tektonische Aktivität am Aidenbacher Abbruch zur Zeit der Schüttung deuten könnte. Der untere Teil der Schotterabfolge zeigt in diesem Aufschluß ein relativ steiles (bis 25°) Einfallen nach Westen (Abb. 4). Als geläufige und naheliegende Interpretation wurde für eine derartige Lagerungskonfiguration ein Schüttungskegel nach Westen postuliert. Untersucht man jedoch die einzelnen Kiesbänke im Detail, so fällt auf, daß jede bis zu ein Meter mächtige Bank folgenden Aufbau hat (von unten nach oben): Fein- bis Grobkies, Feinkies, kiesiger Sand, Mittel- bis Grobsand. Auffallend ist, daß die einzelnen Körnungslagen durchlaufend in gleichbleibender Mächtigkeit vorliegen. Die Basisbereiche der einzelnen „Zyklen“ sind durchgehend mehr oder minder stark durch Eisen verfärbt und verfestigt (Abb. 4). Dieses Lagerungsbild besagt, daß dieses Sedimentpaket (aufgeschlossen derzeit etwa 20 Meter mächtig) nicht während seiner Schüttung als Schüttungskegel sich in ein westlich liegendes Becken vorgebaut haben kann, sondern daß es, nach mehr oder minder horizontaler Sedimentation innerhalb des fluviatilen Geschehens mit Bildung der Eisenverfärbungen und Eisenausfällungen als Zeichen temporärer Grundwasserstände, als ganzes durch Bewegungen am Aidenbacher Abbruch im Westen nach Westen gekippt wurde. Die darüber folgende Sedimentation des Ortenburger Schotters hat, offensichtlich nach Beendigung der starken Bewegungen am Aidenbacher Abbruch, wieder seine mehr oder minder „normale“, horizontale Lagerung mit schwachem West-Einfallen (Abb. 4). Dies deutet darauf hin, daß im Oberen Ottnang entlang des Aidenbach-Griesbacher Abbruchs stärkere Bewegungen stattfanden.

Die heutige geringere Breite der Ortenburger Schotter-Rinne auf dem Aidenbach-Griesbacher Hoch hat ihre Ursache wahrscheinlich im Angriff der Erosion des über lange Zeiträume freiliegenden Ortenburger Schotters, während die Rinnenausdehnung untertage kaum erosiv verändert worden sein dürfte. Für diese Interpretation spricht auch die Gesamtmächtigkeits-Verteilung (Abb. 7). Im Untertage-Bereich wird der Ortenburger Schotter, ohne erkennbaren Hiatus von Sedimenten der Süßwasserschichten i. w. S und des Braunkohlentertiärs i. w. S. überdeckt und wurde dadurch konserviert.

Ab dem Aidenbach-Griesbacher Abbruch (Abb. 1) nach Nordwesten läuft der Ortenburger Schotter nahe am Donaurandbruch im nördlichen Teil der Regensburg-Straubinger Senke. Dieses Lagerungsbild des Ortenburger Schotters beweist, daß entlang des Donaurandbruches im Mittleren- bis Oberen Ottnang stärkere Bewegungen stattfanden, so daß sich dieses Gebiet, im Gegensatz zum Gebiet süd-

lich der Schierling-Störung, stärker einsenkte und somit den Lauf des Ortenburger Schotter-Stromes nach Norden zog.

## 2.6. Die obertägige Verbreitung und Lagerung des Ortenburger Schotters

### 2.6.1. Gradabteilungsblatt Nr. 7446 Passau

Das Gradabteilungsblatt Nr. 7446 Passau erschien 1985 (BAUBERGER, W. & UNGER, H. J., 175 S.) als Gk 25 mit Erläuterungen. Auf diesem Blatt konnte der Ortenburger Schotter lediglich in drei kleineren Vorkommen nachgewiesen werden (Abb. 8). Der südöstlichste Aufschluß liegt bei der Ortschaft Dommelstadt (in Abb. 8 von der Profillinie A-A' gekreuzt). Hier lagert weißgrauer, etwas verunreinigter Ortenburger Schotter mit seiner Basis etwa in + 440 m NN. Eine Schwermineralanalyse (Lage: RW 46 05 680, HW 53 76 360; etwa +441 m NN) ergab: 72 % Granat, 9 % Zirkon und Monazit, 1 % Turmalin, 6 % Rutil, 10 % Staurolith, 1 % Epidot und Zoisit, Hornblende vereinzelt, 1 % Disthen (Analyse Dr. M. SALGER, GLA, 1982). Diese Analysenwerte verdeutlichen, daß vom Ortenburger Schotter offensichtlich Sedimentanteile des unterlagernden Cordieritperlgneises vereinnahmt wurden (u. a. erhöhter Zirkonanteil). Der Ortenburger Schotter ist hier 15 m mächtig. Aus dem Profil A-A' (Abb. 8) läßt sich entnehmen, daß die Ottnang-Sedimente hier eine Senke im anstehenden Cordieritperlgneis ausfüllen und der Ortenburger Schotter sich dem aufragenden Kristallinrand anlagert. Welche Ottnang-Sedimente sein direktes Liegendes bilden, also Glaukonitsande und Blättermergel oder Äquivalente des Oberen Ottnang, konnte nicht ermittelt werden. Im Profil wurden Sedimente des Oberen Ottnang (äquivalent den Unteren Oncophora-

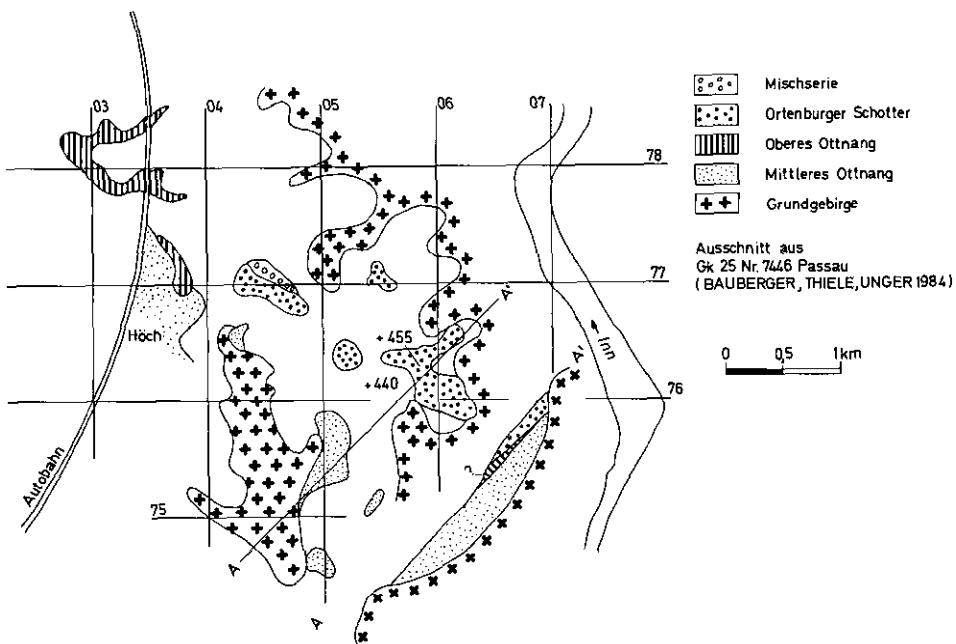


Abb. 8. Verbreitung des Ortenburger Schotters auf dem Gradabteilungsblatt Nr. 7446 Passau und seine Lagerung.

Schichten) als wahrscheinlich angenommen. Überlagert wird der Ortenburger Schotter beim Schmelzinger von tonigen Kiesen und Sanden der obermiozänen Mischserie (Schwermineralspektrum: 24 % Granat, 47 % Zirkon und Monazit, 13 % Turmalin, 2 % Staurolith, 2 % Epidot und Zoisit, 2 % Hornblende).

### 2.6.2. Gradabteilungsblätter Nr. 7444 Aidenbach und Nr. 7445 Ortenburg

Seine größte aufgeschlossene Verbreitung und die größten Mächtigkeiten erreicht der Ortenburger Schotter auf den Gradabteilungsblättern Nr. 7444 Aidenbach und Nr. 7445 Ortenburg (erschienen 1984 (UNGER) als nördliche Hälfte der Gk 50 Nr. L7544 Griesbach im Rottal). Der Ortenburger Schotter lagert zwischen Jägerwirth im Osten und über Aldersbach hinaus im Westen in einem eng begrenzten Streifen auf diesen Blättern (Abb. 9).

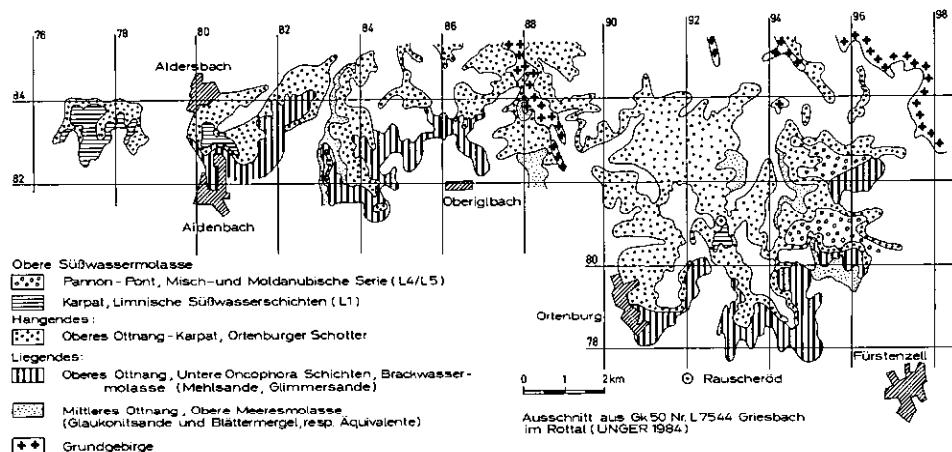


Abb. 9. Verbreitung des Ortenburger Schotters auf den Gradabteilungsblättern Nr. 7444 Aidenbach und Nr. 7445 Ortenburg (Ausschnitt aus Gk 50 Nr. L7544 Griesbach im Rottal. UNGER 1984).

Die Schichtenfolge in der v. Arentin'schen Kiesgrube in Aldersbach (Tk 25 Nr. 7444 Aidenbach, RW 45 80 060, HW 53 83 200) zeigte (Abb. 10), daß sich zwischen die Glaukonitsande und Blättermergel des Mittleren Ottnang im Liegenden und dem Ortenburger Schotter ein etwa zwei Meter mächtiger, blaugrauer Schluff einschaltete, der, ohne Faunenbeleg, zeitäquivalent zu den Oncophora-Schichten in das Obere Ottnang eingestuft wurde (UNGER 1984: 115, Abb. 28). Nach neueren Erkenntnissen könnte es sich nach dem Habitus des Sediments auch um Braunkohlentertiär i. w. S. handeln, das zwischen dem Ende der Sedimentation der Unteren Oncophora-Schichten und dem Beginn der Ortenburger Schotter-Schüttung, von Norden übergreifend, sedimentiert wurde. An der zeitlichen Einstufung dieses Sediments in das Obere Ottnang ändert sich dadurch allerdings nichts.

In der v. Arentin'schen Kiesgrube in Aldersbach erreicht der Ortenburger Schotter eine Mächtigkeit von 32–40 Metern (Abb. 10). Schwermineralanalytisch zeigt sich ein typisch alpines Spektrum (Probenahmepunkte siehe Abb. 10; Analytik: Dr. M. SALGER, GLA, 1982):

## Aldersbach

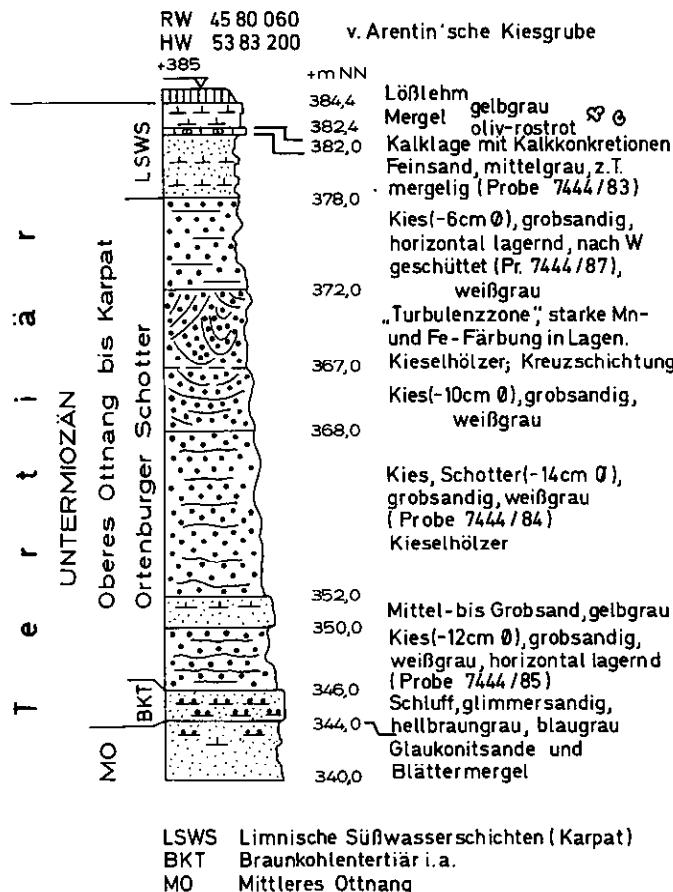


Abb. 10. Der Ortenburger Schotter, sein Liegendes und Hangendes in der v. Arentin'schen Kiesgrube in Aldersbach (verändert aus: UNGER 1984: 115; Abb. 28).

Probe Nr.:	% G:	Zi+Mo.:	Tu.:	Ru.:	Ap.:	Stau.:	Ep.+Zoi.:	Hbl.:	Di.:
7444/83	87	x	1	1	3	6	1	-	1
7444/84	96	-	x	x	x	2	1	x	x
7444/85	95	1	x	-	-	2	2	-	x
7444/87	92	x	-	1	1	4	2	x	x

- nicht nachweisbar; x vereinzelt vorhanden

Auf beiden Gradabteilungsblättern lagert der Ortenburger Schotter entweder auf Glimmersanden der Unteren Oncophora-Schichten (oder deren Äquivalenten in Braunkohlentertiär-Fazies) oder erosiv eingetieft auf den Glaukonitsanden und Blättermergeln des Mittleren Ottnang. Sein Hangendes bilden, wo vorhanden, ohne Hiatus Sedimente der Limnischen Süßwasserschichten (Lithozone L1 sensu UNGER

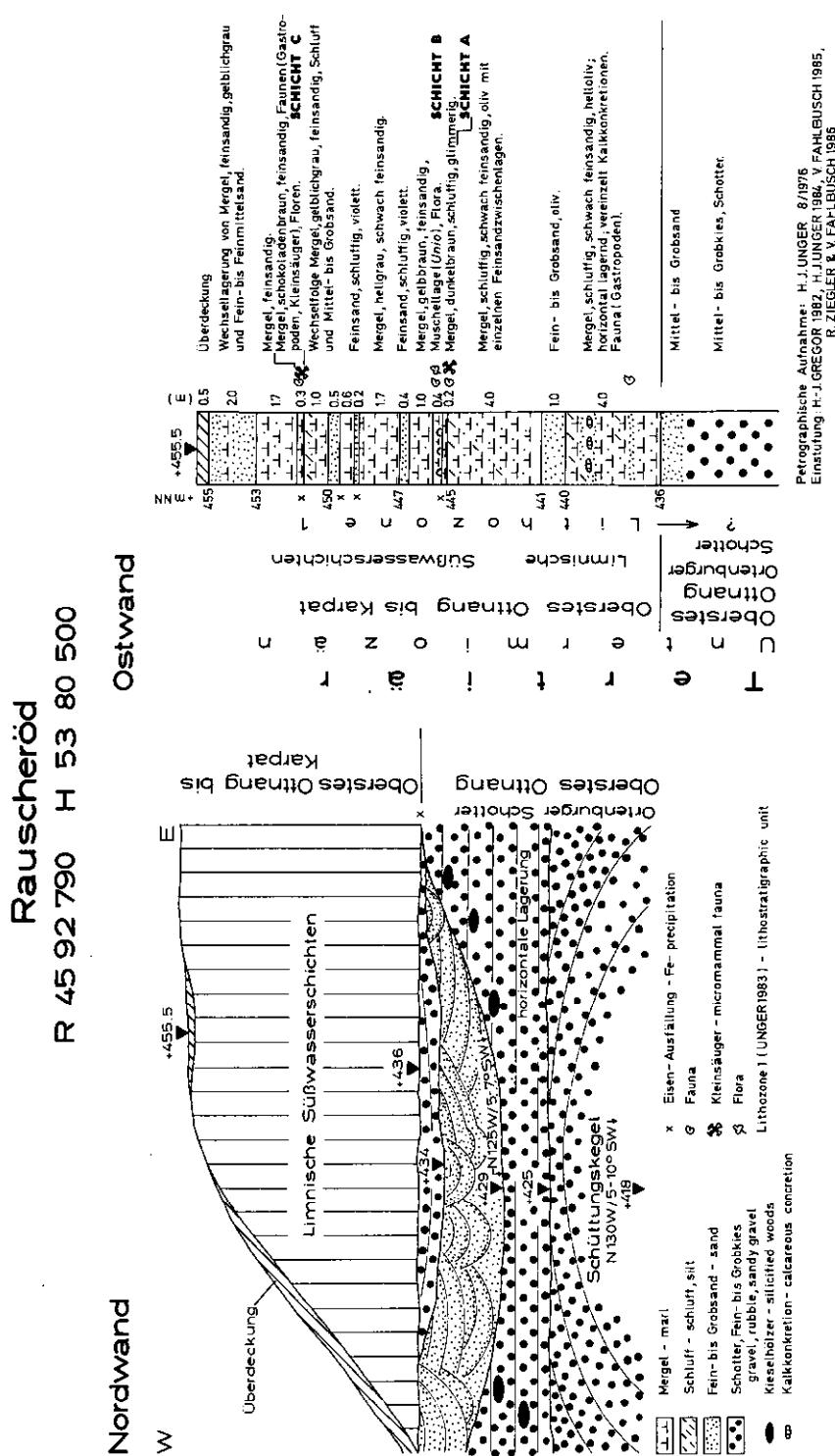


Abb. 11. Der Ortenburger Schotter und sein Hangendes in der Kiesgrube Rauscheröd  
(Stand 8/1976; H. J. UNGER).

1989) des Obersten Ottang bis Karpat oder, mit deutlichem Hiatus, Kiese und Sande der obermiozänen Misch- und Moldanubischen Serie (Lithozonen L4-L5).

In den vergangenen 12 Jahren hat sich die Kiesgrube Rauscheröd (Tk 25 Nr. 7445 Ortenburg, RW 45 92 790, HW 53 80 500) stark vergrößert und wurde zu einem sich dauernd verändernden Großaufschluß. Der Aufschlußstand von 8/1976 wird zum Vergleich zu 12/1994 vorgelegt (Abb. 11, 12).

Eine am 16.12.1994 erfolgte Profilaufnahme und Beprobung des Ortenburger Schotters in der Kiesgrube Rauscheröd (Rw 45 92 630, HW 53 80 850) erbrachte zwischen +410 m NN und +445 m NN eine Schotterabfolge mit pendelnden Schüttungsrichtungen zwischen Westsüdwest über Südwest bis Nordwest (Abb. 12) mit z. T. stark Fe-Mn-gefärbenen und verbackenen Kies-Sand-Lagen in der tieferen Abfolge (Abb. 5) und durch Eisenausfällungen nachgezeichnete Linsen im höheren Teil des Aufschlusses.

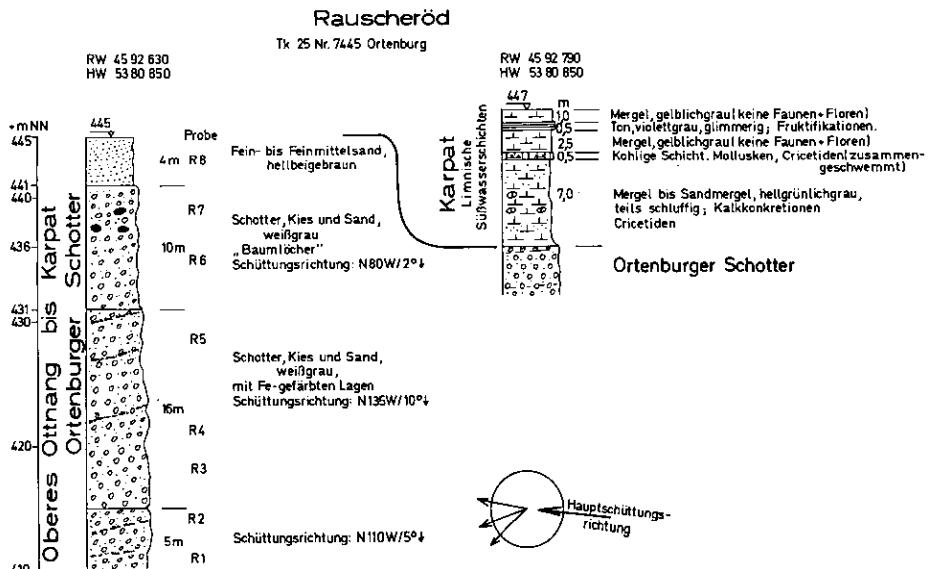


Abb. 12. Der Ortenburger Schotter und sein Hangendes in der Kiesgrube Rauscheröd (Aufnahme und Beprobung 16. 12. 1994; H. J. UNGER).

Die Schwermineralanalysen der Proben R1–R8 (Tab. 1; Analytik Dr. U. RAST, GLA, 30. 1. 1995) ergaben ein eindeutig alpines Spektrum, wobei allerdings das Restspektrum auch eine gewisse, wenn auch geringe Zuschüttung aus dem Grundgebirge im Norden oder eine Aufarbeitung und Einverleibung von aus Norden geschütteten Sedimenten aufzeigt. Dies zeigt sich besonders im Vorliegen von rosa bis rot gefärbten, idiomorphen Zirkonen mit schwach erkennbarem Zonarbau. Insgesamt betrachtet jedoch ist das Schwermineralspektrum eindeutig alpiner Provenienz.

Im bereits abgebauten südlichen Teil der Grube Rauscheröd wurden 1976 die ohne erkennbaren Hiatus den Ortenburger Schotter überlagernden Sedimente beprobt und untersucht (Abb. 11). Es handelt sich, wie bereits vermutet (UNGER 1984:

**Tabelle 1:** Kiesgrube Rauscheröd. Schwermineralanalysen der Proben R1–R8 vom 16. 12. 1994 (siehe Abb. 12) mit Erläuterungen  
Analytik und Erläuterungen: Dr. U. RAST, GLA, 30. 1. 1995.

### Gesamtspektrum

Labor-#	Proben-#	G	Z	T	R	Ap	St	Di	Hbl	Ep+Zo	So	Kornz.
A526	R1	92	1	<1	1	<1	2	<1	1	2	-	393
A527	R2	83	4	1	3	2	3	<1	<1	2	<1	363
A528	R3	95	-	-	1	1	1	<1	<1	1	<1	481
A529	R4	91	2	-	3	1	2	-	<1	1	-	337
A530	R5	89	1	-	2	-	4	1	-	3	1	461
A531	R6	83	3	1	5	-	5	<1	-	2	-	466
A532	R7	83	2	-	5	<1	5	1	<1	3	<1	459
A533	R8	86	1	<1	2	1	5	1	<1	3	<1	362

### Prozentuale Darstellung des Restspektrums außer Granat (bezogen auf 100 %)

Labor-#	Proben-#	G	Z	T	R	Ap	St	Di	Hbl	Ep+Zo	So	Kornz.
A526	R1		10	3	22	8	22	4	4	25	2	120
A527	R2		16	7	17	10	19	3	2	27	1	107
A528	R3		4	2	17	7	29	5	6	28	2	100
A529	R4		17	2	25	5	22	4	6	19		110
A530	R5		5	-	25	4	30	3	1	28	5	110
A531	R6		15	2	27	4	31	2	2	16	1	124
A532	R7		17	-	22	2	34	4	2	17	2	125
A533	R8		6	1	12	7	38	3	1	30	2	115

Angaben wie gewohnt in Kornhäufigkeits-%. Dokumentation der Arbeitsmethode bei RAST (1991). - = nicht nachweisbar.

Abkürzungen: G = Granat; Z = Zirkon (+ Xenotim + Monazit); T = Turmalin; R = Rutil; Ap = Apatit; St = Staurolith; Di = Disthen; Hbl = Hornblende; Ep+Zo = Epidot + Zoisit (+ Klinozoisit + gelegentlich vorkommende feinkörnige Pumpellyit-Aggregate); So = sonstige transparente Schwerminerale.

119), nach GREGOR (1982), FAHLBUSCH (1985) und ZIEGLER & FAHLBUSCH (1986) um Sedimente der Limnischen Süßwasserschichten (Lithozone L1 sensu UNGER 1989) des Obersten Ottnang bis Karpat. In allen bis jetzt untersuchten ober- und untertägigen Aufschlüssen, in denen diese Sedimente den Ortenburger Schotter überlagern, ist kein Hiatus zwischen beiden Abfolgen erkennbar (Abb. 13).

### 2.7. Der Ortenburger Schotter in Bohrungen nordwestlich des Aidenbach-Griesbacher Abbruchs

Die nördlichsten Aufschlüsse des zutage anstehenden Ortenburger Schotters finden sich nördlich der Vils zwischen Walchsing im Westen und Grafenmühl im Osten bevor er untertage abtaucht (Gk 25 Nr. 7344 Pleinting; UNGER & BAUBERGER, 1991) (Abb. 13, 14). Die ohne Hiatus im Hangenden des Ortenburger Schotters lagernden Sedimente sind faunistisch als limnisch-terrestrische Süßwasserschichten anzusprechen. Sie können, analog zur Fauna von Rembach/Forsthart, nach FAHLBUSCH (1972: 136) als Limnische Süßwasserschichten in den Zeitraum Oberstes Ottnang bis Karpat eingestuft werden.

Zwischen 1992 und 1993 wurde, zusätzlich zu den Forschungsbohrungen Osterhofen GLA 1 bis GLA 5 des Bayerischen Geologischen Landesamtes, vom

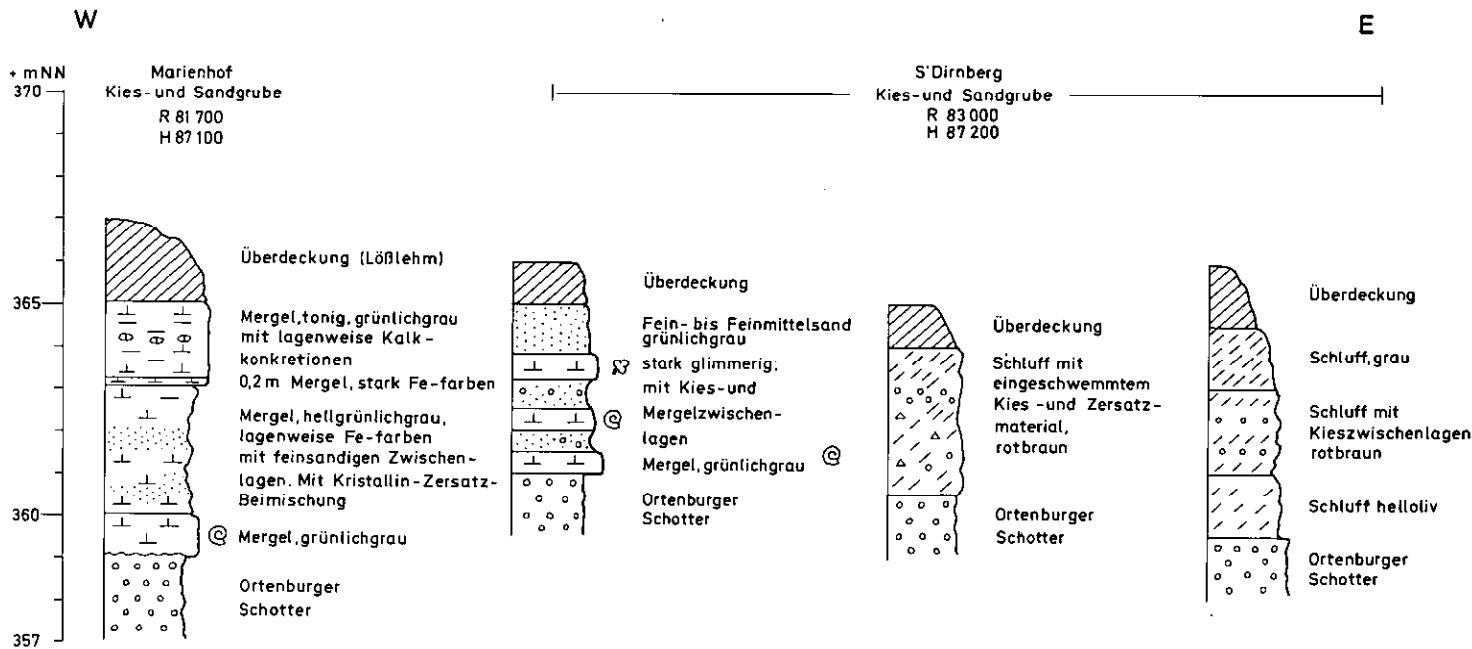


Abb. 13. Die Limnischen Süßwasserschichten über dem Ortenburger Schotter im südlichen Teil des Gradabteilungsblattes Nr. 7344 Pleiting (aufgeschlossen) (aus: Unger & BAUBERGER, 1991: 60).

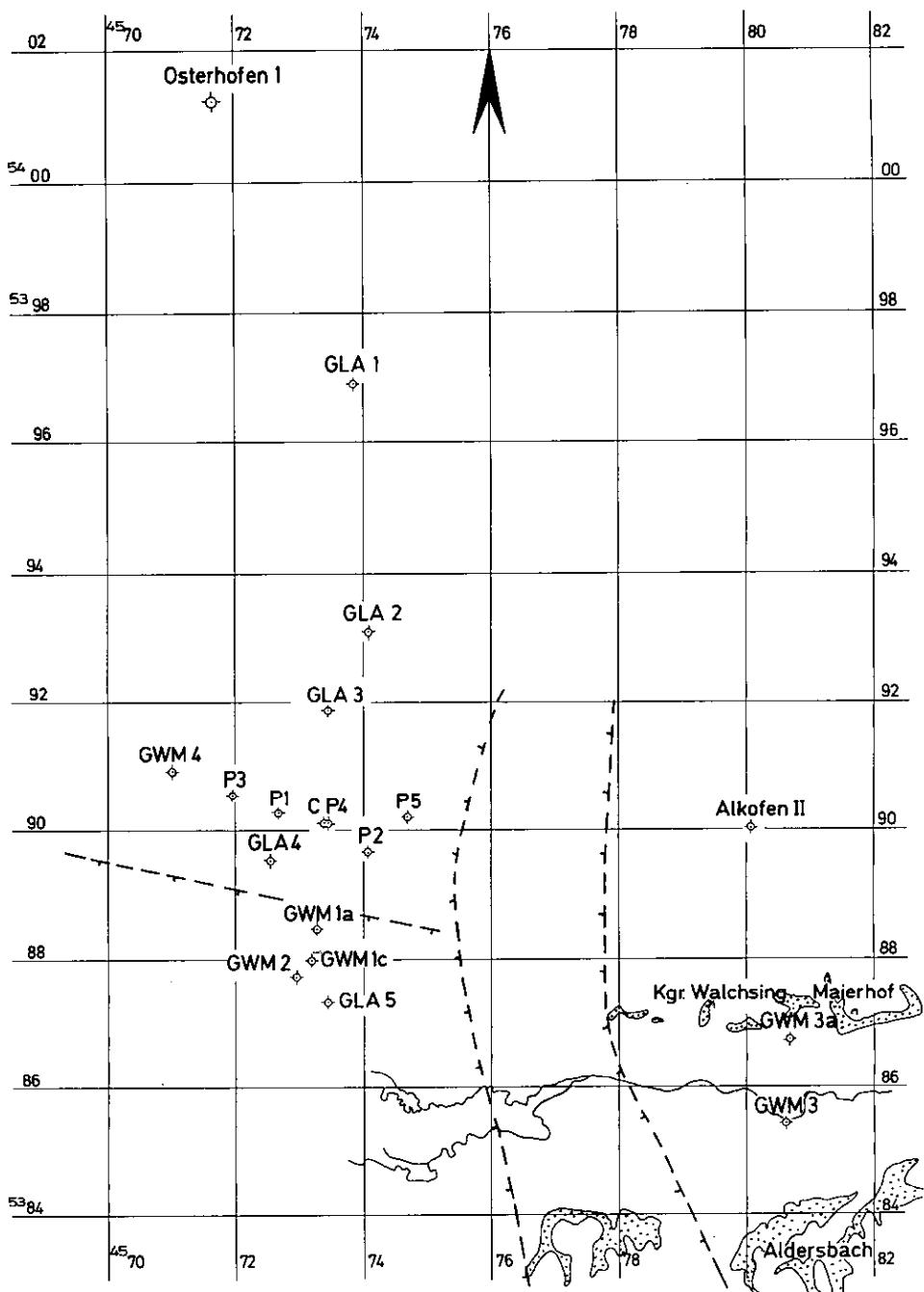


Abb. 14. Lage der Forschungsbohrungen Osterhofen GLA 1 bis GLA 5 (Bayerisches Geologisches Landesamt), Osterhofen Süd P1-P5 und Osterhofen Süd GWM1a-GWM4 (Landesamt für Wasserwirtschaft) westlich des Aidenbach-Griesbacher Abbruchs und die Verbreitung des zutage anstehenden Ortenburger Schotters nördlich der Vils.

Landesamt für Wasserwirtschaft ein umfangreiches Forschungsprogramm mit Bohrungen auf den Ortenburger Schotter südlich von Osterhofen angesetzt (Kennziffer 12.04/2-1992 und 12.04/32-1993). Die geologischen Profile dieser Bohrungen und ihre Interpretation werden gesondert veröffentlicht (UNGER, H. J., 1995). Diese Forschungsbohrungen des Landesamtes für Wasserwirtschaft wurden westlich des Aidenbach-Griesbacher Abbruchs (Abb. 1) und nördlich und südlich der Schierling-Störung angesetzt (Abb. 14). Säulenprofile dieser Bohrungen sollen die Lagerung des Ortenburger Schotters im stratigraphischen Verband verdeutlichen (Abb. 15, 16). Detaillierte Angaben zu den einzelnen Bohrungen, den geologischen Profilen und zur Lagerung sind in oben genannter Arbeit nachzulesen.

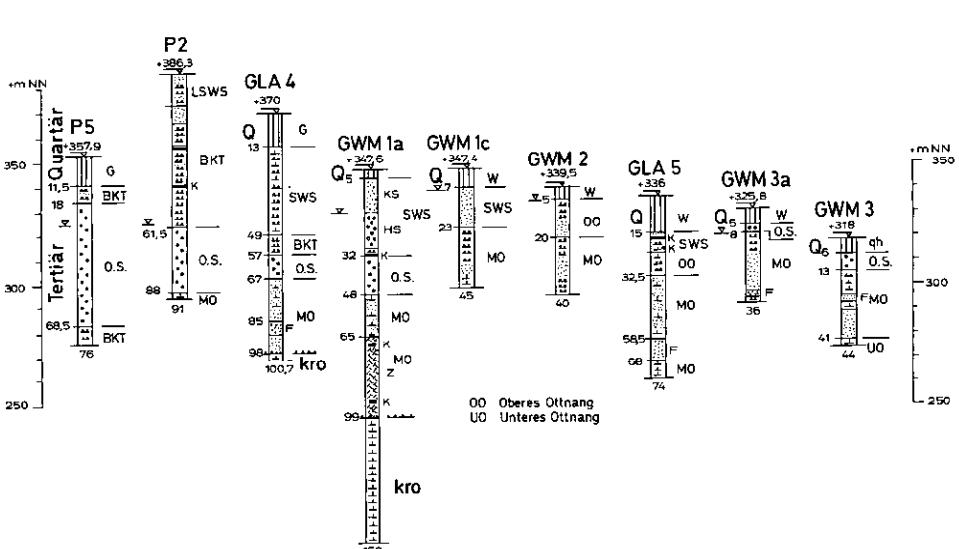
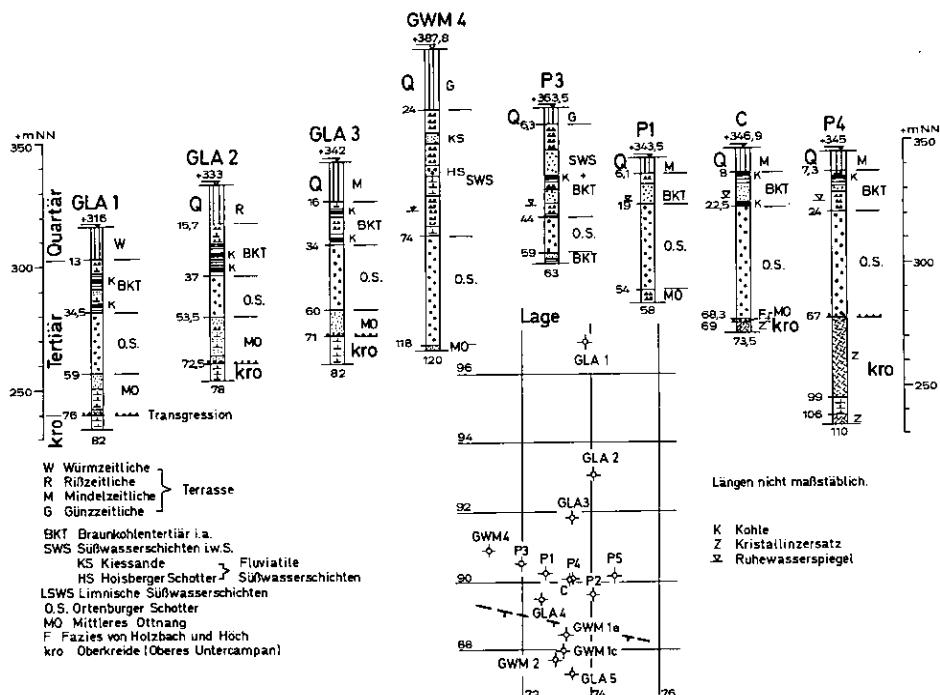
Um die Verzahnung der Limnischen- und Fluvialen Süßwasserschichten der Südfazies (UNGER 1983a) mit dem Braunkohlentertiär i. w. S. der Nordfazies darzulegen, wurden zwei Profile (Nord-Süd- und Ost-West-laufend) über dieses eng abgebohrte Gebiet gelegt (Abb. 17). Es läßt sich in diesen Profilen anschaulich die Verzahnung der Süd- und Nordfazies dokumentieren, wobei sich zeigt, daß sowohl Sedimente des Braunkohlentertiärs i. w. S. im Mittleren Ottang noch südlich der Schierling-Störung abgelagert wurden, die Fluvialen Süßwasserschichten (Hoisinger Schotter, Kiessande) weiter im Westen die Schierling-Störung nach Norden überschritten, als auch Sedimente des Mittleren Ottang (Fazies von Holzbach und Höch) weit nach Norden, über die Schierling-Störung hinweg, ausgriffen. Aus den Profilen läßt sich ableiten, daß der Ortenburger Schotter in diesem Gebiet erosiv auf Sedimenten des Mittleren Ottang lagert und von Sedimenten des Braunkohlentertiärs i. w. S. sowohl unter- wie überlagert wird, somit diesen Sedimenten ein Alter zwischen Mittlerem Ottang und Karpat zugeschrieben werden kann.

Entlang der Donau mußte nach den neuesten Bohrergebnissen der Rhein-Main-Donau A.G. der östliche Rinnenrand des Ortenburger Schotters nach Osten verschoben werden (Abb. 18).

Interessant ist, daß in einem engbegrenzten Bereich entlang der Donau die holozänen Kiese in direktem Kontakt dem Ortenburger Schotter auflagern und somit ein hydraulischer Schluß stattfindet (Abb. 18 oben).

Ein Profil über diesen Bereich zeigt deutlich, daß sich der Ortenburger Schotter mit seinem Lauf offensichtlich am Kristallinrand orientierte und einzelne, vor dem Kristallinrand liegende Senken in seinen Lauf integrierte, die vor ihm bereits von Sedimenten des Braunkohlentertiärs i. a., wahrscheinlich mittelmiozänen Alters, belegt waren (Abb. 19). Die Ruhewasserspiegelmarken in den einzelnen Bohrungen belegen, daß der hydrostatische Druck im Ortenburger Schotter für ihre Höhe in den Bohrlöchern ausschlaggebend ist.

Die Darstellung des Verlaufes der Ortenburger Schotter-Rinne und die Interpretation der Strukturlinien basiert auf der Auswertung von etwa 80 Bohrungen (Tab. 2; Abb. 1, 2, 3, 6, 7). Die Ansprache dieses grobklastischen Sediments in seiner untertägigen Verbreitung zwischen Aldersbach im Osten und Straubing im Nordwesten orientiert sich am makroskopischen Habitus und vor allem an der Schwermineralanalytik. Es fällt immer auf, daß das schwermineralanalytisch definierte, grobklastische Sediment, das man als Ortenburger Schotter bezeichnet, obwohl sich entlang des Donaurandbruches nach Norden orientierend, ein ein-



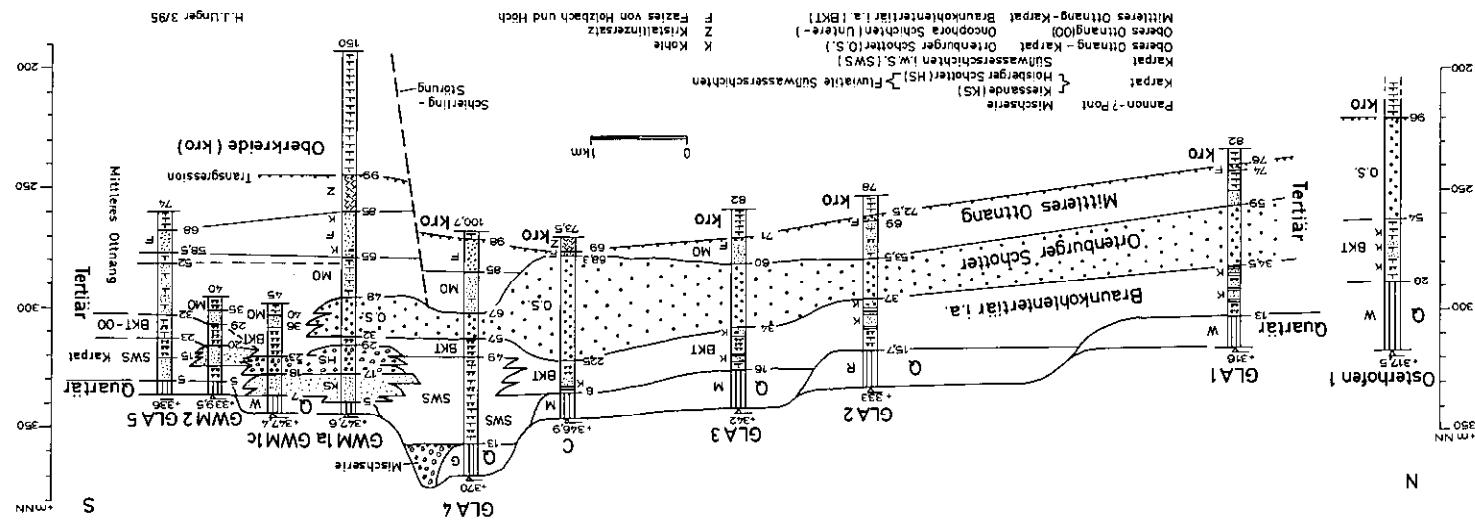


Abb. 17. Nord-Süd- und West-Ost-Profil über die Forschungsbohrungen südlich von Osterhofer zur Verdeutlichung der Lagerung des Ortenburger Schotters und der Verzähnung der Nord- und Südflächen über die Schichtungslösung hinweg (West-Ost-Profil s. S. 382).

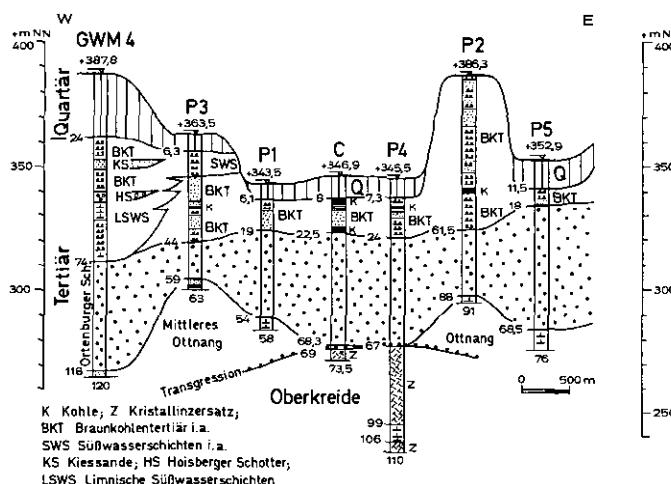
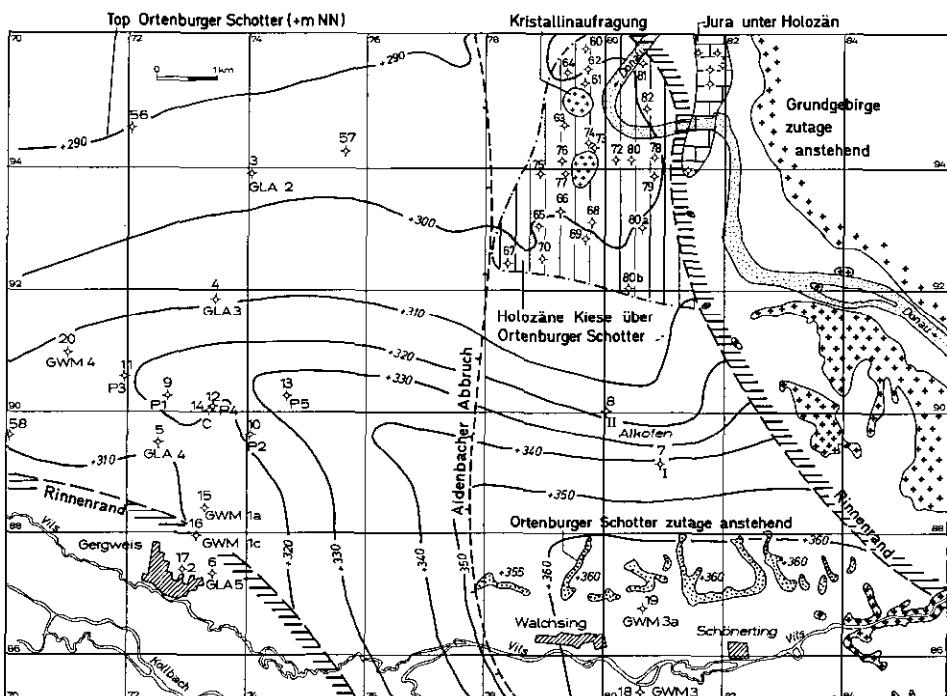


Abb. 17. Fortsetzung: West–Ost-Profil.



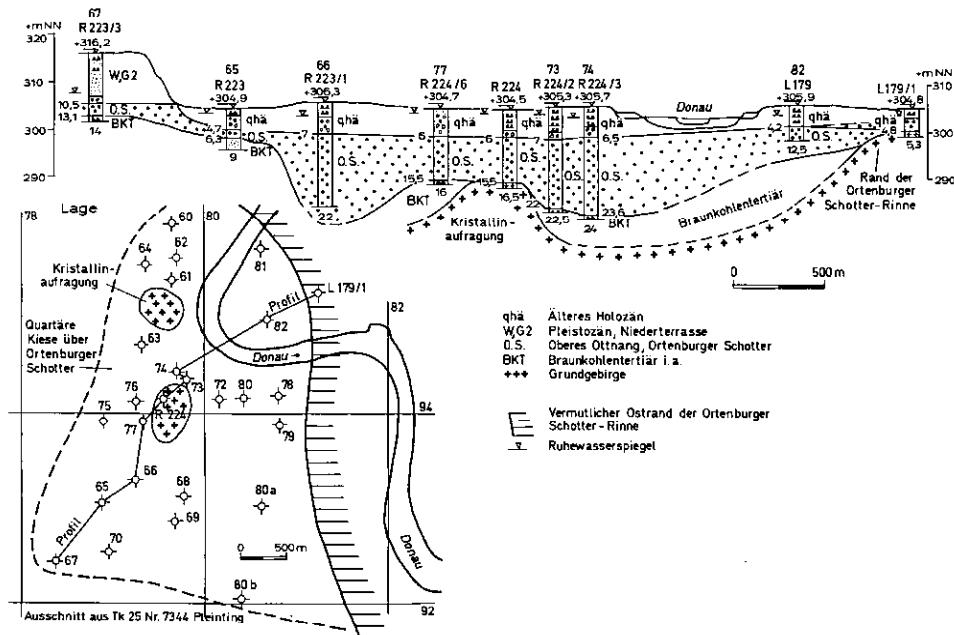


Abb. 19. Profil über den Bereich entlang der Donau nördlich von Pleinting, in dem holozäne Kiese in direktem Kontakt dem Ortenburger Schotter auflagern (Bohrungsnr. siehe Tab. 2). Der Ortenburger Schotter orientiert sich an Senken im Kristallin und lagert auf Sedimenten des Braunkohlentertiärs i. a.

deutig alpines Schwermineralspektrum aufweist, das nur sehr geringe Beeinflus-  
sung, wenn überhaupt, aus dem nördlich lagernden Kristallin der Böhmischen  
Masse erkennen läßt. Manchmal hat man den Eindruck, daß diese Tatsache darauf  
zurückgeführt werden könnte, daß Teile des Kristallins zur damaligen Zeit eben  
mit tertiären Sedimenten überdeckt waren.

Für diesen großen Raum sind etwa 80 Bohrungen, die den Ortenburger Schotter erschlossen, z. T. wie in Straubing oder südlich von Osterhofen gehäuft auf-  
tretend, keine große Menge, so daß man davon ausgehen kann, daß in Zukunft mit  
jeder weiteren Bohrung innerhalb des Verbreitungsstreifens des Ortenburger  
Schotters sich weitere Erkenntnisse ergeben werden.

### 3. Das Alter des Ortenburger Schotters

Aus dem bisher zur Lagerung des Ortenburger Schotter Gesagten läßt sich fol-  
gende Alterseinstufung für die Schüttung dieses Schotters vornehmen: Der Orten-  
burger Schotter hat sich erosiv bis in die Glaukonitsande und Blättermergel resp.  
in die älteren Sedimente des Braunkohlentertiärs i. a. des Mittleren Ottang ein-  
getieft. Das zeitlich jüngste Liegende des Ortenburger Schotters, ohne erkenn-  
baren Hiatus oder wesentliche Erosionserscheinungen, sind die Mehl- und  
Glimmersande der Unteren Oncophora-Schichten des Oberen Ottang (Tab. 3).

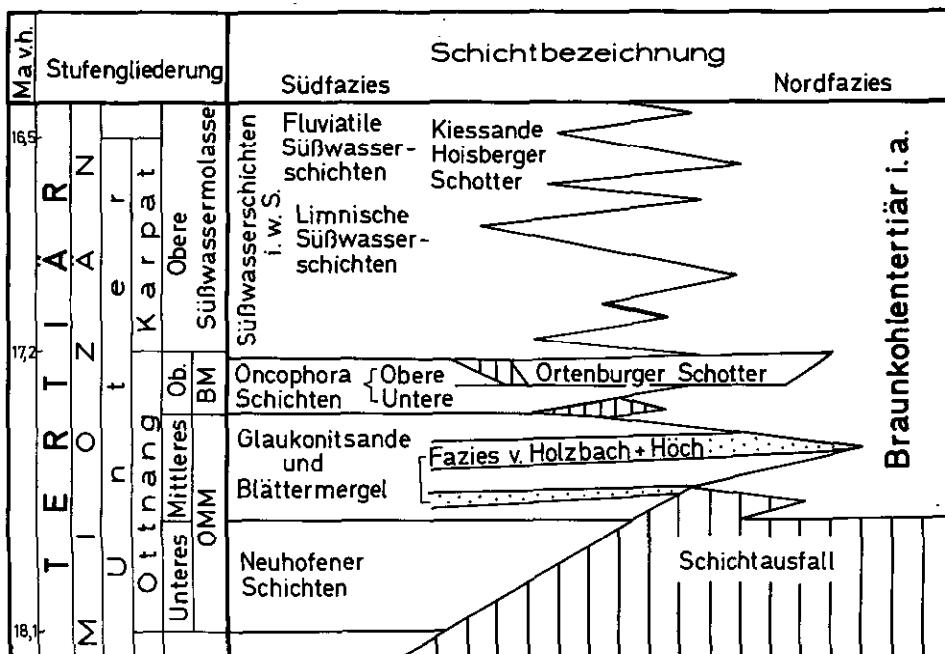
**Tabelle 2:** Die für die Strukturkarten des Ortenburger Schotters verwendeten Bohrungen und ihre Daten

(Mächtigkeitsangaben in Klammern = Gesamtmächtigkeit des Ortenburger Schotters nicht erbohrt). Stand 6/95.

Nr.	Grad-abteilungs-blatt 1 : 25 000	Rechts-wert	Hoch-wert	Ansatz-höhe (+ m NN)	Oberkante (+ m NN)	Ortenburger Schotter Basis (+ m NN)	Gesamt-mächtig-keit (m)	Bohrung
1	7243	45 71 600	54 01 250	317,5	263,5	221,5	42,0	Osterhofen 1
2	7244	45 73 830	53 96 940	316,0	201,5	257,0	24,5	Osterhofen GLA 1
3	7344	45 74 030	53 93 930	333,0	296,0	279,5	16,5	Osterhofen GLA 2
4	7343	45 73 450	53 91 850	342,0	308,0	202,0	26,0	Osterhofen GLA 3
5	7343	45 72 500	53 03 500	370,0	313,0	303,0	10,0	Osterhofen GLA 4
6	7343	45 73 420	53 07 200	336,0	—	—	—	Osterhofen GLA 5
7	7344	45 00 950	53 89 160	350,0	341,0	313,0	28,0	Alkofen I
8	7344	45 80 020	53 90 005	330,0	312,5	306,0	6,5	Alkofen II
9	7343	45 72 640	53 90 260	342,9	324,0	289,0	35,0	Osterhofen Süd P1
10	7344	45 74 050	53 09 640	385,9	324,4	297,9	26,5	Osterhofen Süd P2
11	7343	45 71 930	53 90 560	363,6	319,0	304,0	15,0	Osterhofen Süd P3
12	7343	45 73 400	53 90 000	344,5	320,5	277,5	43,0	Osterhofen Süd P4
13	7344	45 74 680	53 90 200	352,6	334,6	204,1	50,5	Osterhofen Süd P5
14	7343	45 73 300	53 30 100	345,5	323,0	277,2	45,8	Osterhofen Süd C
15	7343	45 73 230	53 88 450	344,0	312,0	296,0	16,0	Osterhofen Süd GWM 1a
16	7343	45 73 155	53 87 950	344,0	—	—	—	Osterhofen Süd GWM 1c
17	7343	45 72 900	53 87 370	336,0	—	—	—	Osterhofen Süd GWM 2
18	7344	45 89 620	53 85 385	318,0	312,0	305,0	7,0	Osterhofen Süd GWM 3
19	7344	45 80 660	53 89 750	329,0	324,0	321,0	3,0	Osterhofen Süd GWM 3a
20	7343	45 70 980	53 90 960	385,0	311,0	267,0	44,0	Osterhofen Süd GWM 4
21	7244	45 75 500	53 96 380	310,0	290,0	260,0	30,0	Osterhofen
22	7445	45 97 530	53 74 690	350,0	344,1	343,7	0,4	Bad Höhenstadt
23	7444	45 76 500	53 82 080	377,5	371,7	361,0	10,7	Aidenbach
24	7344	45 76 260	53 94 380	317,5	—	—	—	Altenmarkt
25	7243	45 69 550	54 04 330	314,1	238,5	191,3	47,2	Plattling
26	7243	45 62 940	54 06 480	325,0	220,0	200,0	20,0	Plattling VB III
27	7243	45 61 300	54 05 200	326,0	—	—	—	Plattling VB II
28	7141	45 44 490	54 14 470	332,5	186,5	170,5	16,0	Straubing TB 2
29	7141	45 39 520	54 16 380	323,0	188,0	163,0	25,0	Straubing AB 3
30	7141	45 41 420	54 12 098	334,0	—	—	—	Straubing Obernst.
31	7141	45 46 270	54 16 930	316,2	186,2	163,2	23,0	Straubing-Ittling
32	7445	45 89 450	53 83 910	365,0	—	335,3	(29,7)	Giesbühl 2 (M55)
33	7141	45 44 460	54 14 430	332,5	190,5	172,5	10,0	Straubing II
34	7141	45 43 840	54 14 520	333,0	190,0	175,0	15,0	Straubing
35	7444	45 83 830	53 83 440	351,0	—	345,0	(6,0)	Weg (MS1)
36	7444	45 84 410	53 83 560	366,0	—	359,5	(6,5)	Weg VB II (M52)
37	7243	45 62 930	54 04 530	325,0	212,5	204,3	11,2	Plattling (M49)
38	7343	45 60 699	53 94 480	—	292,3	251,2	(41,1)	Meßstelle 07157
39	7244	45 75 520	53 96 480	—	289,0	261,0	20,0	Brauerei Baumgartner
40	7343	45 67 990	53 95 830	—	278,0	256,4	21,6	Gde-Brunnen Buchhofen
41	7443	45 70 580	53 80 250	375,0	371,0	369,0	2,0	M-14
42	7443	45 72 850	53 81 440	391,0	—	—	—	Solle (M13)
43	7042	45 58 930	54 19 290	370,0	—	—	—	Schwarzach (M29)
44	7142	45 51 570	54 11 020	328,0	289,0	287,0	11,0	Straßkirchen
45	7140	45 31 190	54 13 610	342,0	—	—	—	Perkam
46	7142	45 58 980	54 17 450	325,0	—	—	—	Schwarzach
47	7244	45 78 440	54 05 140	315,0	281,0	277,0	4,0	Hengersberg 1?
48	7140	45 26 600	54 13 170	370,0	334,0	328,0	6,0	Sünching ?
49	7444	45 76 760	53 82 110	425,0	419,2	416,8	2,4	Aldersbach
50	7244	45 69 500	54 04 380	314,0	238,5	209,5	29,5	Südzucker Plattling
51	7244	45 68 930	54 04 100	315,0	239,0	210,0	29,0	Südzucker Plattling
52	7243	45 61 330	54 05 260	327,0	—	—	—	Plattling TB I
53	7445	45 91 880	53 82 487	398,2	390,0	388,0	(10,0)	Ortenburg 1
54	7445	45 90 809	53 84 047	404,6	399,0	366,6	32,4	Ortenburg 2
55	7243	45 62 930	54 04 530	325,0	215,5	204,3	11,2	Plattling
56	7343	45 72 030	53 94 730	328,0	290,0	288,2	1,8	Wisselsing
57	7344	45 75 650	53 94 300	320,0	295,0	276,0	18,2	Bruderanming
58	7343	45 70 000	53 89 600	367,0	314,0	295,0	(19,0)	AM 14

Nr.	Grad- abteilungs- blatt 1:25 000	Rechts- wert	Hoch- wert	Ansatz- höhe (+ m NN)	Ortenburger Schotter	Gesamt- mächtig- keit (m)	Bohrung
				Oberkante (+ m NN)	Basis (+ m NN)		
59	7343	45 68 900	53 93 900	342,0	291,0	282,0	(9,0) AM 17
60	7344	45 79 650	53 96 040	307,6	302,3	298,7	3,6 R 220/1 Kontaktzone
61	7344	45 79 650	53 95 450	306,8	298,0	294,4	3,6 R 221 holozäne Kiese
62	7344	45 79 690	53 95 690	305,2	303,2	298,2	5,0 R 221/1 über Orten-
63	7344	45 79 310	53 94 730	307,4	304,4	286,4	(18,0) R 221/3 burger Schotter
64	7344	45 79 350	53 95 630	307,2	303,2	297,4	4,8 R 221/4
65	7344	45 78 880	53 93 050	304,9	300,2	298,6	1,6 R 223
66	7344	45 79 240	53 93 330	306,3	299,3	284,3	(15,0) R 223/1
67	7344	45 70 390	53 92 430	316,1	305,7	303,0	2,7 R 223/3
68	7344	45 79 770	53 93 150	305,5	291,3	286,6	4,7 R 223/4
69	7344	45 79 690	53 92 900	310,2	304,2	293,6	10,6 R 223/5
70	7344	45 78 990	53 92 510	311,4	300,9	300,2	0,7 R 223/6
71	7344	45 79 510	53 94 100	304,6	298,5	209,0	9,5 R 224
72	7344	45 80 100	53 94 180	305,1	296,5	287,6	8,9 R 224/1
73	7344	45 79 800	53 94 350	305,3	298,3	283,3	15,0 R 224/2
74	7344	45 79 740	53 94 440	305,7	299,3	282,2	17,1 R 224/3 (Analyse)
75	7344	45 78 920	53 93 920	306,5	298,5	205,5	(13,0) R 224/4
76	7344	45 79 260	53 94 150	307,7	298,0	291,7	6,3 R 224/5
77	7344	45 79 330	53 93 940	304,8	298,8	209,3	9,5 R 224/6
78	7344	45 80 830	53 94 200	304,9	297,9	296,8	1,1 R 225
79	7344	45 80 840	53 93 890	305,2	296,8	295,2	(1,6) R 225/1
80	7344	45 80 450	53 94 200	305,1	290,6	288,6	10,0 R 225/1
80a	7344	45 80 620	53 93 050	304,7	301,2	190,5	2,7 R 227
80b	7344	45 80 400	53 92 050	308,7	302,2	292,4	9,8 R 220
81	7344	45 00 630	53 95 750	306,2	301,7	297,9	3,8 L 177/3
82	7344	45 80 680	53 95 010	305,6	301,3	293,6	(8,7) L 179 RMO-Bohrungen
83	7243	45 65 200	54 06 560	320,0	224,5	214,8	(9,7) Ringkofen 21
84	7141	45 40 780	54 15 500	327,0	189,0	161,0	28,0 Straubing Th 1
85	7141	45 41 670	54 16 040	317,0	185,0	162,0	23,0 Straubing Th 2

Tabelle 3: Die stratigraphische Einstufung des Ortenburger Schotters an der Nahtstelle zwischen Nord- und Südfazies im Raum Aidenbach-Osterhofen



Im Hangenden überlagern, faunistisch belegt, ohne Hiatus, die Limnischen und Fluviatilen Süßwasserschichten des Obersten Ottnang bis Karpat den Ortenburger Schotter. Dort, wo grobklastische Sedimente der obernizänen Misch- und Moldanubischen Serie den Ortenburger Schotter überdecken, erfolgt dies, wie etwa in der Kiesgrube Hechberger (Gk 50 Nr. L7544 Griesbach im Rottal, RW 45 94 720, HW 53 83 000; UNGER 1984: 141; Abb. 34) mit eindeutiger Erosionsdiskordanz und starken Fe-Mn-Inkrustierungen am Top des Ortenburger Schotters.

Im Südfazies-Bereich lagert der Ortenburger Schotter demnach auf den Unteren Oncophora-Schichten des Oberen Ottnang und wird von den Limnischen Süßwasserschichten des Obersten Ottnang bis Karpat überlagert. Sein Alter ist somit äquivalent den Oberen Oncophora-Schichten weiter im Süden anzusetzen, also im oberen Teil des Oberen Ottnang festzulegen.

Im Nordfazies-Bereich ist eine so eindeutige zeitliche Zuordnung wie im Südfazies-Bereich nicht möglich, da der Ortenburger Schotter dort, wo er sich nicht erosiv eingetieft hat, sowohl im Liegenden als auch im Hangenden von Sedimenten des Braunkohlentertiärs i. w. S. ummantelt wird. Im Analogieschlüß ist somit nur die Feststellung zu treffen, daß die Sedimente des Braunkohlentertiärs i. w. S. hier offensichtlich einen Zeitraum zwischen dem Mittleren Ottnang bis in das Karpat umfassen müssen.

#### **4. Zur Frage der Herkunft der Kieselhölzer im Ortenburger Schotter und einige Bemerkungen zur paläogeographischen Entwicklung des ostniederbayerischen Raumes ab dem Eozän**

Wie bereits oben erwähnt ist der Ortenburger Schotter lagenweise reich an Kieselhölzern zum Teil beachtlicher Größe. Es geht hier nicht um die Genese der Kieselhölzer – im Prinzip ist die von LANDMESSER (1994) vertretene Ansicht der Einkieselung plausibel, wobei ich der Meinung bin, daß man die Unterschiede im Eh- und ph-Wert zwischen Holz und Umgebung etwas stärker berücksichtigen sollte –, sondern um die Frage, woher diese Kieselhölzer stammen könnten und wie sie in den Ortenburger Schotter gelangten.

Als Vorgaben sind festzuhalten:

- Nach seinem Schwermineralspektrum liegt die Wurzelzone der Ortenburger Schotter-Schüttung im alpinen Bereich im Südosten. Obwohl er knapp südlich des Kristallins der böhmischen Masse nachgewiesen ist, gibt es analytisch kaum Hinweise auf eine Sedimentzufuhr aus dem Kristallin im Norden. Dies könnte damit zusammenhängen, daß der Ortenburger Schotter-Strom sich ausschließlich über tertiären Sedimenten seinen Weg bahnte, anstehendes Kristallin also nicht berührte.
- Bei den gefundenen Kieselhölzern handelt es sich um Holzarten tropischer, subtropischer und subtropisch-temperierter Klimata mit Schwerpunkt bei den tropischen Taxa (frdl. mündl. Mitt. Prof. GOTTWALD 1996; GOTTWALD 1997).

Da es sich bei den Kieselhölzern aus dem Ortenburger Schotter um unterschiedlich große Stücke unterschiedlichen Rundungsgrades und wechselnd starker

Zerlegung handelt, kann man davon ausgehen, daß diese Kieselhölzer unterschiedlich lange Transportwege hinter sich haben. Ihre Einbettung in den Ortenburger Schotter dürfte ihre zweite oder dritte Lagerstätte darstellen. Auch ihre zum Teil großen Dimensionen bei rissiger Oberfläche resp. kleindimensionierte Stücke bei abgerundeter, glatter Oberfläche sprechen für resedimentierte Kieselhölzer aus unterschiedlich alten und unterschiedlich weit entfernten Standorten.

Wo könnten nun die Bäume ursprünglich gestanden haben, bevor sie durch den Einkieselungsprozeß zu Kieselhölzern wurden?

Südlich der heute bekannten Verbreitung des Ortenburger Schotters lag zwischen dem Obereozän und dem Mittleren Ottnang bis über den heutigen tektonischen Kalkalpen-Nordrand hinaus nach Süden das Paratethys-Meer, dessen nördlicher Küstenstreifen im Laufe der Zeit immer um den südlichen Rand des Kristallins der Böhmischem Masse pendelte (Abb. 20).

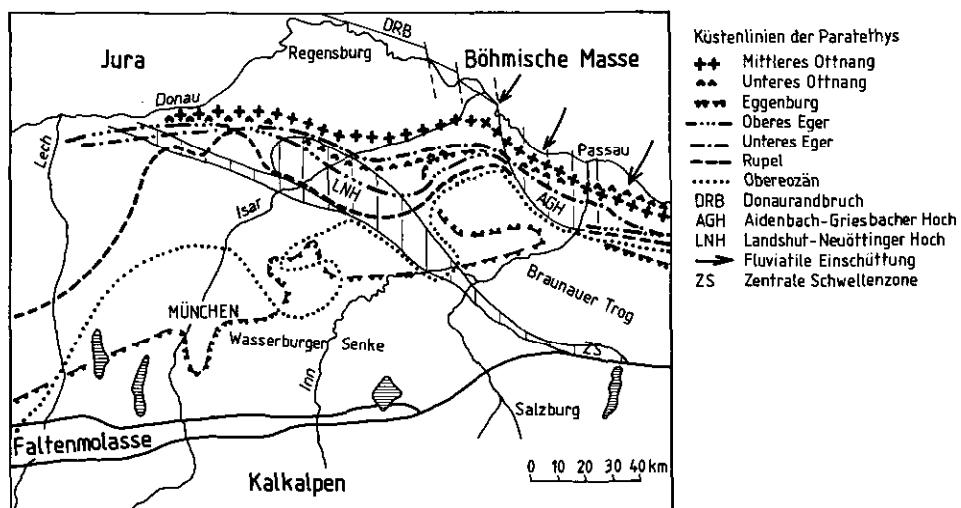


Abb. 20. Nördliche Küstenlinien einiger mariner tertiärer Ablagerungen der ostniederbayerischen Molasse.

Es ist nicht auszuschließen, daß die Küste zwischen dem Obereozän und dem Mittelmiozän auch auf das Kristallin bzw. die Kristallinhochlagen wie das Aidenbach-Griesbacher Hoch hinaus ausgriff. Die nördlichen Grenzen der marinen tertiären Ablagerungen geben lediglich die heute nachweisbaren Auskeilungslinien an, die nicht unbedingt die ursprünglich nördlichste Verbreitungsgrenze sein müssen.

Auf Grund der Vielzahl tropischer Taxa bei den Kieselhölzern aus dem Ortenburger Schotter ist die Paläogeographie des Obereozäns im ostbayerisch-oberösterreichischen Raum von besonderem Interesse.

Am Übergang vom Mittel- zum Obereozän stieß das Meer einerseits nach Süden (Reichenhall, Unterinntal), andererseits im zentralen Teil Ostbayerns und Oberösterreichs nach Norden und Osten vor (Abb. 21). Die ostalpinen Decken standen damals am Südrand des Südhelvetikum-Troges. Mit W. FUCHS (1976: 7)

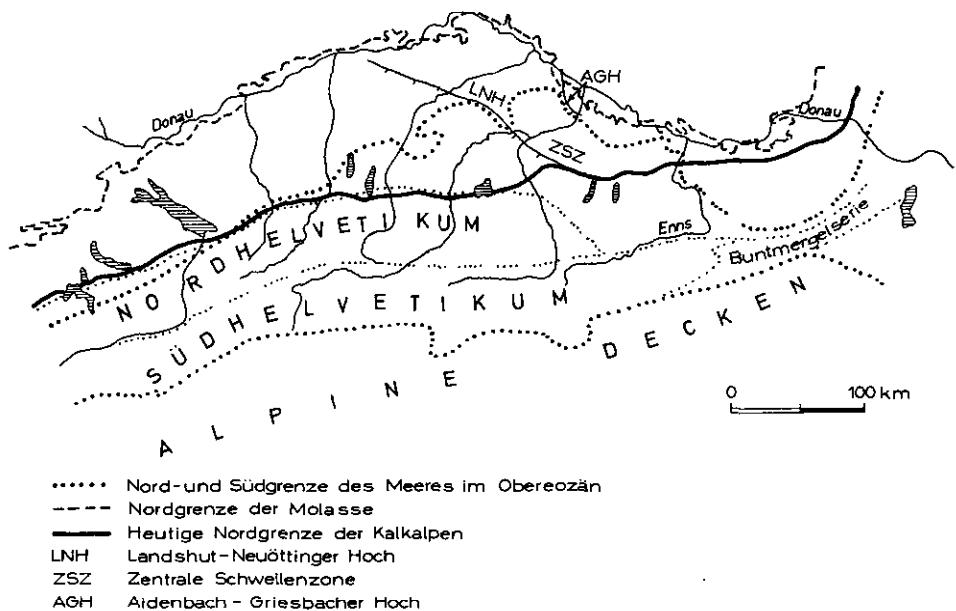


Abb. 21. Lage des Meeres am Beginn des Obereozäns nördlich der alpinen Decken und Ausdehnung der süd- und nordhelvetischen Tröge (verändert nach W. FUCHS 1976, Beilage 14).

wird die Meinung geteilt, daß „das Helvetikum der Ausgangspunkt und Schauplatz der ‚Geburt‘ der Molasse“ ist.

Zu Beginn des Obereozäns herrschten im Meerbedeckten Bereich von der Nordküste bis zur Südküste an der Stirn der alpinen Decken zunächst Flachwasserbedingungen und erst im weiteren Verlauf des Obereozäns stellten sich mit Globigerinenschiefern pelagische Verhältnisse ein.

Das Südhelvetikum wird im Obereozän bereits von landfest gewordenen alpinen Decken gesäumt (Abb. 21). Das Landshut-Neuöttinger Hoch und die Zentrale Schwellenzone tauchten damals offensichtlich gegen Südosten ab. Der Nordhelvetikum-Trog scheint an der Salzach geendet zu haben (FUCHS 1976: 15). Der heutige Südrand der böhmischen Masse scheint auch im Obereozän ± die Küste der Paratethys gewesen zu sein.

Durch die Gezeiten in der damaligen Paratethys ist von einem mehr oder minder breiten litoralen Bereich mit zeitweiser Überflutung des nördlichen Küstenstreifens, also einer pendelnden Küstenlinie auszugehen. Somit könnten die von GOTZWALD (1997) nachgewiesenen tropischen Taxa in diesem temporär überfluteten Küstenstreifen ihren ursprünglichen Standort gehabt haben.

CICHOCKI (1991: 117 ff.) berichtet, daß sich auf dem Kristallin der böhmischen Masse im Raum Freistadt und im Horner Becken in Niederösterreich in limnisch-fluviatilen Sedimenten des Rupel bis Eger (Oligozän) viele Kieselhölzer (u. a. *Quercoxylon furwaldense*, *Metacacioxylon* sp.) fanden. Bei den die Kieselhölzer führenden Sedimenten handelt es sich um Kiese und Sande mit tonigen Einschlüpfungen, die Flüssen entstammen, die damals das Budweiser Becken nach Süden

und Osten zur Paratethys hin entwässerten. Aus den oligozänen Melker Sanden (Rupel bis Eger), den untermiozänen Retzer Sanden werden Einzelfunde von Kieselhölzern gemeldet. Aus den untermiozänen Phosphoritsanden und Atzbacher Sanden des Ottnang liegen wieder größere Mengen von Kieselhölzern vor. Phosphoritsande und Atzbacher Sande des untermiozänen Unterottnang sind Sedimente eines seichten, stark Gezeiten-beeinflußten Meeres und entsprechen der untermiozänen Fazies von Holzbach und Höch (UNGER 1984) am Nordrand des Ottnang-Meeres in Ostniederbayern.

Das heißt für die Kieselhölzer im Ortenburger Schotter, daß sie sowohl eozänen, oligozänen wie auch untermiozänen Sedimenten am Nordrand des Molassebeckens in Oberösterreich oder aus zeitgleichen Sedimenten auf dem Aidenbach-Griesbacher Hoch oder seiner östlichen Fortsetzung stammen könnten und vom Ortenburger Schotter auf seinem Weg nach Nordwesten mitgenommen wurden (Abb. 22, 23).

Man kann davon ausgehen, daß zwischen dem Obereozän und dem Mittleren Ottnang aus der Böhmischem Masse im Norden immer wieder Flüsse das Paratethys-Meer erreichten. Somit könnten neben den ursprünglich im Litoralbereich gestandenen Bäumen auch Holz- bzw. Kieselholzreste fluviatil in diesen Küstenbereich gelangt sein, die durch die spätere, starke Ortenburger Schotter-Schüttung zusammen mit den eingekieselten, Standort-gebundenen eozänen Taxa mitgenommen und bei nachlassender Transportkraft resedimentiert wurden. Dabei muß der Transportweg, den die Kieselhölzer im Ortenburger Schotter selbst zurücklegten, gar nicht weit gewesen sein.

Für eine Aufarbeitung ursprünglich litoraler und limnisch-fluviatiler Sedimente durch den Ortenburger Schotter spricht, daß sich außer den Kieselhölzern

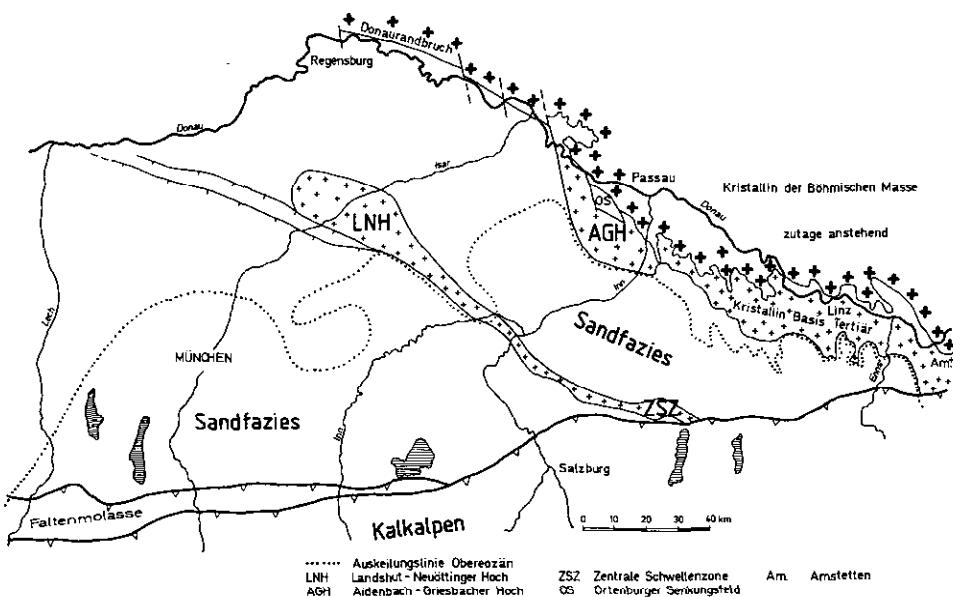


Abb. 22. Paläogeographie und Fazies des beginnenden Obereozäns in Ostbayern und Oberösterreich.

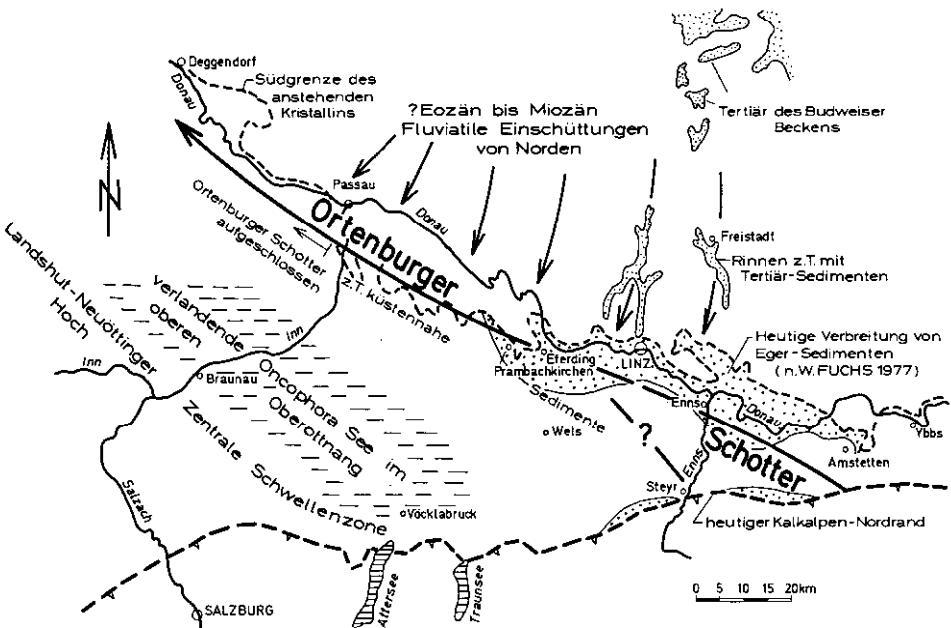


Abb. 23. Hypothetischer Lauf des Ortenburger Schotter-Flusses östlich von Passau im oberen Oberottnang.

brackische Muscheln und Schnecken (aus den Untereren Oncophora-Schichten), Reste von terrestrischen Kleinsäugern, Reste von Haien, von marinen Teleostiern, von Seekühen, sowie Zähne und Knochen von Elefantenvorläufern fanden.

SELMEIER (1986: 249 ff.) beschreibt aus dem Ortenburger Schotter Kieselhölzer aus der Reihe der Malvales (Bombacaceae, Malvaceae, Sterculiaceae, Tiliaceae, Meliaceae und anderer Familien) und bemerkt, daß die Hölzer in ihrem Feinbau anatomische Merkmale für tropische bis subtropische Standorte zeigen (u. a. *Bombacoxylon owenii* [CARRUTHERS] GOTZWALD 1969; ebenfalls bekannt aus Prambachkirchen [Oberösterreich], 10 km westlich von Eferding, südlich der Donau [Abb. 23]). Prambachkirchen liegt innerhalb der konstruierbaren Südost-Fortsetzung der Ortenburger Schotter-Rinne.

Andererseits: Welche Breite der Ortenburger Schotter-Strom ursprünglich hatte und wie sein Lauf sich von Südosten aus der Wurzelzone bis in die Gegend von Passau entwickelt hat, kann heute mangels Relikten des Ortenburger Schotters in Oberösterreich nicht mehr nachvollzogen werden. Jede Rückkoppelung des Ortenburger Schotter-Stromes zu seinen Wurzelzonen kann daher nur hypothetisch sein und kann sich nur an indirekten Beweisen, wie etwa der Schwermineralassoziation, orientieren.

Zusammenfassend läßt sich sagen: Der untermiozäne Ortenburger Schotter wurde im oberen Oberottnang von Südosten nach Nordwesten geschüttet (Abb. 23). Es muß sich um einen mächtigen Strom mit einem hohen Material- und einem hohen Wasserangebot gehandelt haben, dessen Wurzelzone nach dem Schwermineralspektrum seiner Grobklastika in den sich bildenden Alpen im

Süden gelegen haben muß. Im Oberen Ottang verlandete zunehmend die brackische Oncophora-See und zog sich mehr und mehr nach Süden zurück. Während am nördlichen Beckenrand in Ostniederbayern im Liegenden des Ortenburger Schotters Sedimente der Unteren Oncophora-Schichten (Mehl- und Glimmersande) lagern, wurden weiter südlich, zur gleichen Zeit, die letzten Sedimente der Oberen Oncophora-Schichten sedimentiert.

Während sich nun die Oncophora-See im fortschreitenden Oberottang immer weiter nach Süden zurückzog, fiel das Land im Norden trocken und, wahrscheinlich als Folge tektonischer Bewegungen in den alpinen Decken, begann sich der Ortenburger Schotter-Strom von Südosten her auf den Weg nach Nordwesten zu machen. Wie bereits erwähnt (UNGER 1989) handelt es sich dabei offensichtlich um die erste fluviatile, grobklastische Schüttung aus den Alpen in das oberösterreichisch-bayerische Molassebecken. Ihre Wurzelzone dürfte sehr weit im Osten gelegen haben, vermutlich südlich von Amstetten (Abb. 23).

Der Ortenburger Schotter-Strom, dem Charakter nach ein braided river system, dürfte sich entlang des südlichen Randes der Böhmisches Masse nach Nordwesten vorgearbeitet haben und sich dabei erosiv in ältere tertiäre Sedimente (Eozän bis Untermiozän) eingetieft haben. Da es sich dabei hauptsächlich um ehemals küstennahe Sedimente mit fluviatilen Einschüttungen von Norden handelte, finden sich im Ortenburger Schotter die bunt gemischten Faunen mariner, brackischer und terrestrischer Provenienz neben den Kieselhölzern. Die lagenweise gehäuft auftretenden Kieselhölzer (tropischer, subtropischer usw. Taxa) dürften teils am nördlichen Rand der Paratethys bereits seit dem Eozän im Litoralbereich gestanden haben und anschließend eingekieselt worden sein, teils dürften sie auch mit fluviatilen Einschüttungen von Norden in dieses Gebiet gelangt sein, das der spätere Ortenburger Schotter überfuhr. Da es sich hauptsächlich um tropische bis subtropische Taxa handelt, die eingekieselt wurden (starker Vulkanismus übrigens im Oligozän bis Miozän in Böhmen und im Pannonischen Becken), natürlich neben Arten gemäßigten Klimas, kann es sich bei ersteren nur um Hölzer aus dem Eozän handeln, da sich im Oligozän bis Miozän das Klima bereits zu warm gemäßigt änderte. Wahrscheinlich standen diese heute teilweise noch großdimensionierten Stämme tropischer Arten am nördlichen Beckenrand im Litoralbereich der obereozänen Paratethys. Es gibt auch gut gerundete, kleindimensionierte Kieselhölzer im Ortenburger Schotter, so daß auch ein Antransport aus größerer Entfernung (Budweiser Becken oder ?Alpen) nicht ganz auszuschließen ist. Im allgemeinen ist jedoch von relativ kurzen Transportwegen zwischen Erosion und Resedimentation der doch teilweise sehr großen Kieselhölzer auszugehen. Somit kann der Ortenburger Schotter sowohl seine Faunen als auch die Kieselhölzer nur entlang des Nordrandes der ehemaligen Paratethys erosiv aufgenommen und über eine kurze Strecke nach Nordwesten transportiert haben, ehe sie resedimentiert wurden.

Wie weit sich im oberen Oberottang die Oncophora-See über Vöcklabruck hinaus nach Südosten ausdehnte, ist mir im Moment nicht bekannt, so daß keine Aussage darüber möglich ist, ob der Ortenburger Schotter nur einer Wurzelzone südlich von Amstetten entstammt oder ob noch weitere Zuflüsse etwa aus der Gegend des heutigen Ennstales nach Norden stattfanden.

## 5. Literatur

- BAUBERGER, W. & UNGER, H. J. (1984): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 7446 Passau. – 175 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- CICHOCKI, O. (1992): Fossile Hölzer aus tertiären und quartären Sedimenten des Mühl-Wald-Weinviertels und der Molasse. – In: KOVAR-EDER, J. [ed.]: Paleovegetational Development in Europe and regions relevant to its palaeofloristic Evolution. (PEPC 1991): 117–120, Vienna. (Mus. Nat. Hist.).
- FAHLBUSCH, V. (1985): Stop 5: Rauscheröd. – In: HAGN, H., FAHLBUSCH, V. & WENGER, W.: Exkursion A2, Ungefaltete Molasse, Niederbayerische Molasse. – 55. Jahrestagung der Paläontologischen Ges., Exkursion A2: 14–15, München.
- FUCHS, W. (1976): Gedanken zur Tektogenese der nördlichen Molasse zwischen Rhone und March. – *Jb. Geol. B.-Anst.*, **119**(2): 207–249, Wien.
- GOTZWALD, H. P. J. (1997): Alttertiäre Kieselhölzer aus miozänen Schottern der ostbayerischen Molasse bei Ortenburg. – *Documenta naturae*, **109**: 1–83, München.
- GREGOR, H.-J. (1982): Die jungtertiären Floren Süddeutschlands. – 178 S., Stuttgart (Enke).
- GRIMM, W.-D. (1977): Erd- und Landschaftsgeschichte von Griesbach im Rottal. – *Therme*, **1**: 7–13; Griesbach im Rottal.
- LANDMESSER, M. (1994): Zur Entstehung von Kieselhölzern. – *Extra Lapis*, **7**: 49–80, München (Weise).
- OBERHÄNSLI, H. (1996): Klimatische und ozeanographische Veränderungen im Eozän. – *Z. dt. geol. Ges.*, **147**(3): 303–314, Stuttgart.
- RAST, U. (1991): Sedimentpetrographische Untersuchungsmethoden am Bayerischen Geologischen Landesamt. Teil I: Schwermineralanalyse. – *Geologica Bavaria*, **96**: 223–228, München.
- RÖSSNER, G. (1994): Procervulus dichotomus, ein früher Hirsch aus dem Ortenburger Schotter von Rauscheröd bei Ortenburg in Niederbayern. – *Jb. u. Mitt. Freunde Bayer. Staatl. Paläont. hist. Geol.*, **23**: 55–62, München.
- SELMEIER, A. (1986): Jungtertiäre Kieselhölzer aus Rauscheröd (Niederbayern). – *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg*, **86**: 249–260, Frankfurt a. Main.
- UNGER, H. J. (1983 a): Die Forschungsbohrungen Osterhofen GLA 1–5, die Stratigraphie des tieferen Untergrundes und die Lagerung des Ortenburger Schotters. – *Verh. Geol. B.-Anst.*, **1982**(3): 285–311, Wien.
- UNGER, H. J. (1983 b): Geologische Karte von Bayern 1:50000, Erläuterungen zum Blatt Nr. L7342 Landau an der Isar. – 141 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- UNGER, H. J. (1984): Geologische Karte von Bayern 1:50000, Erläuterungen zum Blatt Nr. L7544 Griesbach im Rottal. – 145 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- UNGER, H. J. (1989): Die Lithozonen der Oberen Süßwassermolasse Südostbayerns und ihre vermutlichen zeitlichen Äquivalente gegen Westen und Osten. – *Geologica Bavaria*, **94**: 195–237, München.
- UNGER, H. J. (1995): Der Ortenburger Schotter in Bohrungen Ostniederbayerns. – *Documenta naturae*, **95**: 22–62, München.
- UNGER, H. J. & BAUBERGER, W. (1985): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 7546 Neuhaus am Inn. – 103 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- UNGER, H. J. & BAUBERGER, W. (1991): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 7344 Pleiting. – 143 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- ZIEGLER, R. & FAHLBUSCH, V. (1986): Kleinsäuger-Faunen aus der basalen Oberen Süßwassermolasse Niederbayerns. – *Zitteliana*, **14**: 3–58, München.

# Zur würmzeitlichen Deglaziationsgeschichte im Mangfallgebiet

Von WALTER GROTTENTHALER

Mit 8 Abbildungen und 1 Tabelle

## Kurzfassung

Für das Gebiet der südlichen Münchener Schotterebene und der Mangfall-Schlierach-Platte wird die mit dem würmzeitlichen Eisrückzug fortschreitende Entwicklung des Gewässernetzes in paläogeographischen Kartenskizzen dargestellt.

## Abstract

The development of hydrography in dependance of retreating würmian glaciers is demonstrated by paleogeographic maps of the southern part of the "Münchener Schotterebene" and the "Mangfall-Schlierach-Platte".

## Inhalt

1. Einleitung . . . . .	393
2. Forschungsstand . . . . .	394
3. Deglaziation und Entwicklung des Gewässernetzes . . . . .	395
3.1. Oberste Niederterrasse . . . . .	396
3.2. Obere Niederterrasse . . . . .	397
3.3. Mittlere Niederterrasse . . . . .	398
3.4. Untere Niederterrasse . . . . .	399
3.5. Terrassen des Leitzach-Gars-Talzuges und Umlenkung der Mangfall . . . . .	401
3.6. Jüngere Terrassen . . . . .	401
4. Zeitlicher Rahmen der Deglaziationsereignisse . . . . .	404
5. Literatur . . . . .	405

## 1. Einleitung

Im Bereich der südlichen Münchener Schotterebene und in der Mangfall-Schlierach-Platte sind die heutigen Landschaftsformen im wesentlichen das Ergebnis der relativ kurz andauernden glazifluvialen Dynamik im Würm-Hochglazial. Während der Gletscherhöchststände und im unmittelbar nachfolgenden Zeitabschnitt beherrschte ein System konkurrierender Schmelzwasserströme das eisfreie Gebiet zwischen dem Isar-Loisachgletscher und dem Inn-Chiemsee-gletscher (vgl. Abb. 1 und 2). In dieses Abflusssystem speisten der Tegernsee-, der Schliersee- und der Leitzachgletscher ihre Schmelzwässer ein. Im Gegensatz zu den großen Vorlandgletschern reichte der Vorstoß dieser Gletscher nur bis zum Alpenrand. Die Entwicklung des von Schmelzwässern bestimmten Gewässer-

netzes ging Hand in Hand mit der Deglaziation nach dem würmzeitlichen Gletscherhochstand. Damit ist die Geschichte des Gletscherrückzuges im Mangfallgebiet zugleich ein flußgeschichtliches Kapitel.

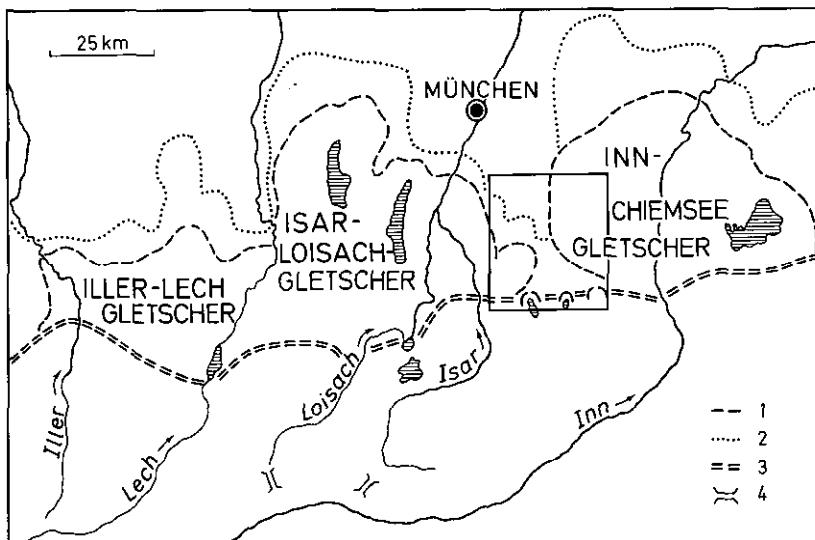


Abb. 1. Lage des untersuchten Gebiets. – 1 = letzte Vergletscherung (Würm), 2 = größte Vergletscherung, 3 = geomorphologischer Alpenrand, 4 = wichtige Transfluenzen.

## 2. Forschungsstand

In seiner monographischen Abhandlung des Inn-Chiemsegletschers beschrieb TROLL (1924: 36 ff.) eine zeitliche Abfolge aus „vorgeschobenen“ Endmoränen, „äußerem“ Endmoränen (= Hauptrandlage), Endmoränen eines 1. Rückzugsstandes und „inneren“ Endmoränen eines 2. Rückzugsstandes. Die Abfolge wird ergänzt durch Moränenwälle eines 3. Rückzugsstandes, die das Stammbecken bei Rosenheim umrahmen. TROLL (1924: 38 und 1925: 282) ließ keinen Zweifel darüber, daß diese – nach geomorphologischen Kriterien ausgegliederten – Einheiten den in entsprechender Position liegenden Endmoränen anderer Vorlandgletscher zeitlich gleichzusetzen seien. Demnach sollten überregionale, klimatische Faktoren zur Ausbildung dieser Einheiten geführt haben. Für die verschiedenen Endmoränengürtel sind gebietsspezifische Lokalnamen im Gebrauch (Tabelle 1).

Im Untersuchungsgebiet können die Altersbeziehungen zwischen Endmoränen verschiedener Gletscher mit Hilfe von Terrassenkorrelationen überprüft werden. Als Bezugssystem dient die Terrassensequenz entlang der Mangfall (vgl. Abb. 8), wo bereits LEVY (1913) drei würmzeitliche Teilstufen erkannte. Diese wurden später (STEPHAN 1966: 186 ff. und Beilage 5) als „obere“, „mittlere“ und „untere“ Niederterrasse bezeichnet. HÖVERMANN (1954) und STEPHAN (1966) verknüpften diese Schotterniveaus mit Gletscherständen des Tegernsee- und des Isargletschers. Untersuchungen zur Korrelation von Schotterterrassen mit Endmoränensystemen wurden auch im Bereich verschiedener Zubringer des Mangfallsystems durchge-

*Tabelle 1: Korrelation würmzeitlicher Endmoränengürtel*

Lokalbezeichnungen im Isargletscher nach KNAUER 1929, im Tölzer Lobus nach KALLENBACH 1964, STEPHAN 1966 und GROTTENTHALER 1985, im Inngletscher nach TROLL 1924; Korrelationen für weitere Gletschergebiete siehe JERZ 1993: Tabelle 5.

Allgemeine Gliederung	Isargletscher	Isargletscher (Tölzer Lobus)	Inngletscher
Äußerste, „vorgeschobene“ Endmoräne	Jettenhausen	–	Aying
Hauptstrandlage (= Würmmaximum)	Schäftlarn	Hartpenning, Höllersberg	Kirchseeon
1. Rückzugsstand	Ebenhausen	Schindelberg, Staudach	Ebersberg
2. Rückzugsstand	Icking	Allgau	Ölkofen
3. Rückzugsstand	Weilheim	–	Stephanskirchen

führt: Im Schlierachtal von STEPHAN (1966, 1968), im Leitzachtal von EROL (1968) und EROL & STEPHAN (1968), im Teufelsgraben von SCHUMACHER (1981), TROLL (1924, 1926), FEULNER (1955) und SCHAEFER (1978) gingen dieser Frage im Zuge morphogenetischer Analysen der Münchener Schotterebene nach.

Eine grundlegende geomorphologische Kartierung der Moränenwälle wurde bereits von ROTHPLETZ (1917: Tafel 1) vorgelegt, während die 7 Jahre früher erschienene geologische Karte von AIGNER (1910: Tafel 1) in dieser Hinsicht noch wenige Informationen enthält. Für das Untersuchungsgebiet ist insbesondere die von ROTHPLETZ dargestellte, tief gestaffelte Moränenabfolge im Tölzer Lobus des Isargletschers von Bedeutung. Aus geologischen Bearbeitungen einiger Teilgebiete (LEBLING 1959, 1960; HABER 1960; KALLENBACH 1964; DUBITSKY 1984) gehen Details zur Moränen- und Terrassengliederung hervor.

Mit der Drucklegung der geologischen Kartenblätter 8036 Otterfing und 8136 Holzkirchen (GROTTENTHALER 1985) wurde eine Zusammenschau der vorliegenden Untersuchungsergebnisse zur Deglaziations- und Flußgeschichte angestrebt. Sie wird in Kapitel 3 als Chronosequenz dargestellt.

### 3. Deglaziation und Entwicklung des Gewässernetzes

Alle in Kapitel 2 genannten Arbeiten beinhalten großmäßstäbige geologische oder geomorphologische Karten. Auf dieser Grundlage war es möglich, den würmzeitlichen Eisrückzug und die Entwicklung des Gewässernetzes in Form von paläogeographischen Kartenskizzen darzustellen (Abb. 3 bis 7). Die vorwiegend auf oberflächenmorphologische Befunde gestützte Rekonstruktion von Flußläufen und Fließrichtungen wurde mit Hilfe von vergleichenden lithofaziellen Untersuchungen von Schmelzwassersedimenten und Gletscherablagerungen der Liefergebiete überprüft und abgesichert (GROTTENTHALER 1985: 71 ff. unter Berücksichtigung der Schotteranalysen von KALLENBACH 1964, SCHAEFER 1978, SCHUMACHER 1981 und DREESBACH 1985).

Eine Übersicht über wichtige topographische Strukturen des Gebiets und die Situation der in Tabelle 1 dargestellten Eisrandlagen gibt die Abbildung 2.

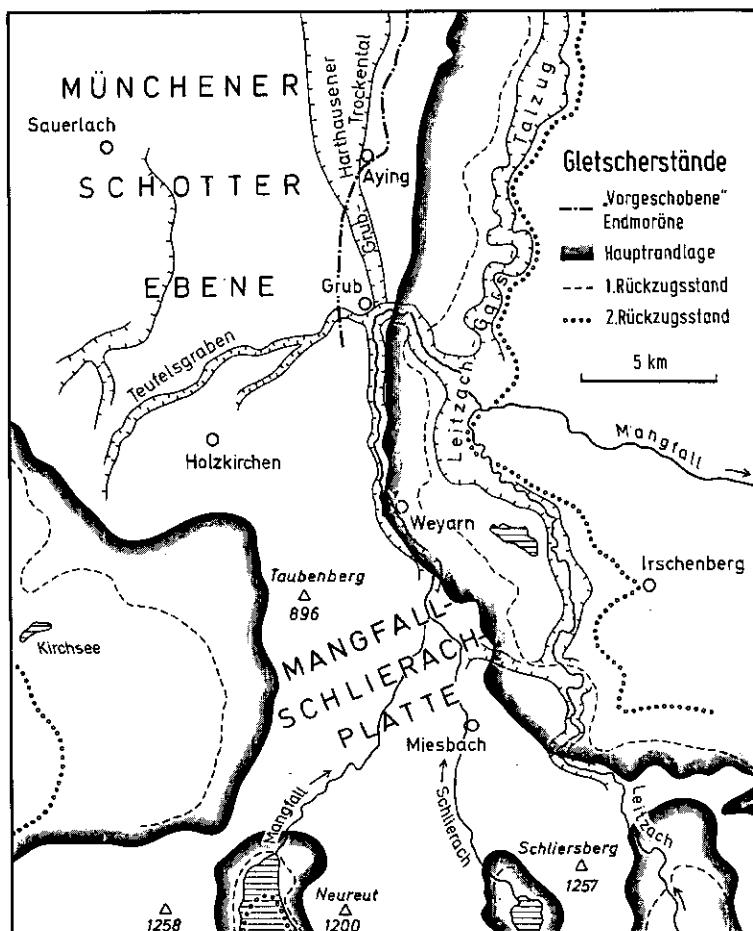


Abb. 2. Übersichtsskizze mit heutigen Gewässern und würmzeitlichen Eisrandlagen.

### 3.1. Oberste Niederterrasse

Deutlich über die heute das Hauptniveau der Schotterflächen bildende Obere Niederterrasse erheben sich Terrassen, die hier als „Oberste Niederterrasse“ bezeichnet werden (vgl. Abb. 3 und 8). Die Schotterakkumulation erfolgte zeitgleich mit der Bildung der Endmoränen der Hauptstrandlagen. Der Schmelzwasserabluß verlief im allgemeinen vom Eisrand aus centrifugal ins Vorfeld der Gletscher. Nur am Westrand des Inngletschers, nordöstlich von Aying, war der Weg durch „vorgeschobene“ Endmoränen versperrt, so daß die Entwässerung streckenweise in eisrandparallele Richtung gezwungen wurde.

In der Abbildung 3 wurden die etwas älteren, nördlich von Aying als Übergangskegel an den vorgeschobenen Endmoränen ansetzenden Schotterterrassen (s. Abb. 8, Terrasse 1 a) nicht berücksichtigt.

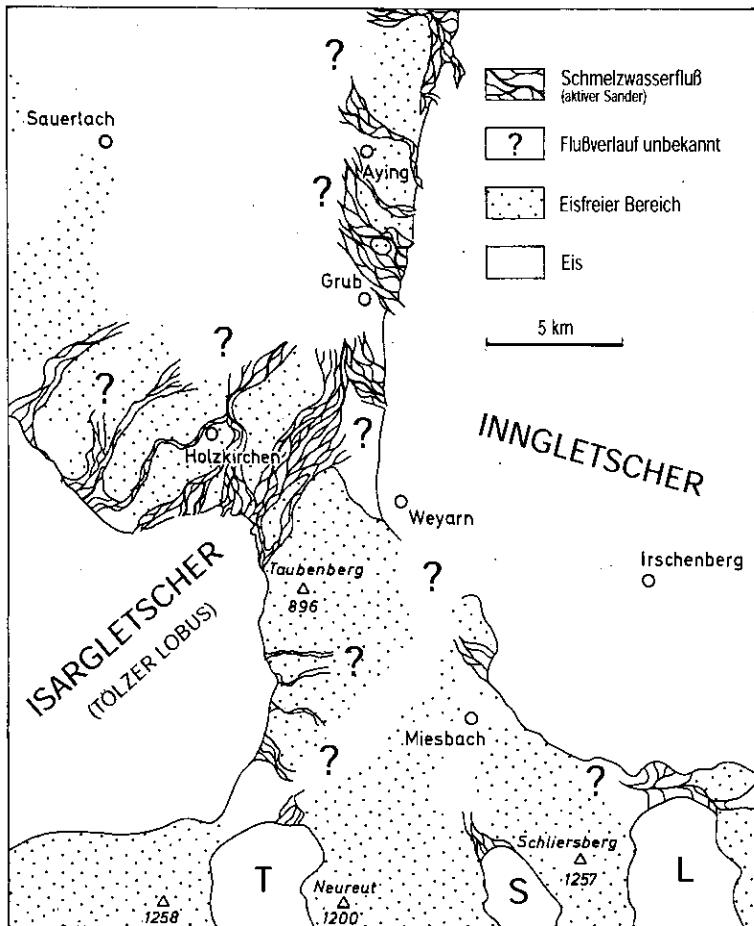


Abb. 3. Terrassenflächen der Obersten Niederterrasse, dargestellt als Schmelzwasserflüsse des Braided-River-Typs; die geringe Verbreitung von Terrassenresten dieses Niveaus lässt eine lückenlose Darstellung des Flusssystems nicht zu. – T = Tegernsegletscher, S = Schliersegletscher, L = Leitzachgletscher.

### 3.2. Obere Niederterrasse

Zur Zeit der Aufschüttung der Oberen Niederterrasse (vgl. Abb. 4) waren die Gletscher in vielen Bereichen von ihrer Hauptrandlage abgerückt. Nördlich von Weyarn übten aus diesem Grund die Schmelzwässer des Inngletschers kaum mehr einen Einfluß auf die Gestaltung der Münchener Schotterebene aus (TROLL 1924: 49 und 1926: 164 entgegen SCHAEFER 1978: 59 ff.) Weiter südlich, im Randbereich der Mangfall-Schlierach-Platte, wurde die Hauptrandlage vom Inngletscher weitgehend gehalten.

Nördlich des Taubenberges führten linksufrig zufließende Gewässer, insbesondere der Schmelzwasserstrom des Teufelsgrabens, zu einer nach Nordosten gerichteten Abflußtendenz. Dafür waren unter anderem die reliefbedingten Höhenunterschiede verantwortlich, denn an der Stirn des Isargletschers

lagen die Gletschertore einige 10er Meter höher als an der Westflanke des Innengletschers.

### 3.3. Mittlere Niederterrasse

Im Gewässernetz der Mittleren Niederterrasse zeichnet sich eine Konzentration auf einige wenige Gerinne ab (vgl. Abb. 5). Große Teile des Niederterrassen-Hauptnivaus lagen trocken und die Gletscher waren inzwischen stark zurückgeschmolzen. Im allgemeinen war das Stadium des 1. Rückzugsstandes (vgl. Tab. 1) erreicht. Abweichend von dieser Tendenz lag am Westrand des Inngletschers die Eisfront streckenweise noch vor dem 1. Rückzugsstand.

Die Schmelzwässer des Leitzachgletschers folgten einer neuen Abflußrinne. Sie benutzten nicht mehr das Parsberger Tal in Richtung Miesbach, sondern das eisfrei gewordene, ca. 2,5 km weiter nördlich verlaufende Tal der Galgenlcite (EROL 1968).

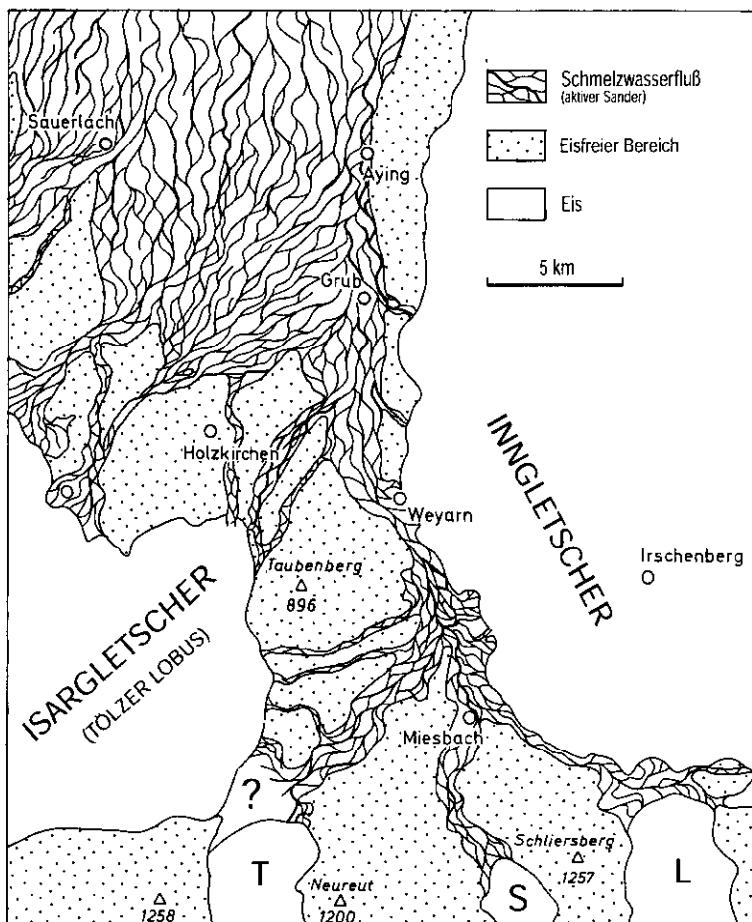


Abb. 4. Landschaftsbild zur Entstehungszeit der Oberen Niederterrasse; die aktiven Schmelzwasserflüsse erreichen ihre größte Ausdehnung. – T = Tegernseegletscher, S = Schlierseegletscher, L = Leitzachgletscher.

Für die Entwässerung des Isargletschers spielte der Teufelsgraben eine wichtige Rolle. Er hatte seinen Ursprung an der Nordflanke des Tölzer Lobs. Nach wenigen Kilometern erweiterte sich das Fließbett trichterförmig, um nach Art eines Teilstücks (sensu PENCK) höhengleich in das Niveau der Oberen Niederterrasse überzugehen.

### 3.4. Untere Niederterrasse

Wie aus der Verbreitung von Schottern der Unteren Niederterrasse hervorgeht (vgl. Abb. 6), gleicht sich das Gewässernetz zunehmend dem heutigen Bild an. Die Flüsse hatten sich unter Bildung ausgeprägter Terrassenränder weiter eingetieft und auf schmalere Gerinne festgelegt.

Dramatisch verkleinert hatte sich der Tölzer Lobs des Isargletschers. Seine Gletscherstirn wird dokumentiert durch einen Moränenwall, der nach den Terrassenparallelisierungen von SCHUMACHER (1981: 75) und GROTTENTHALER

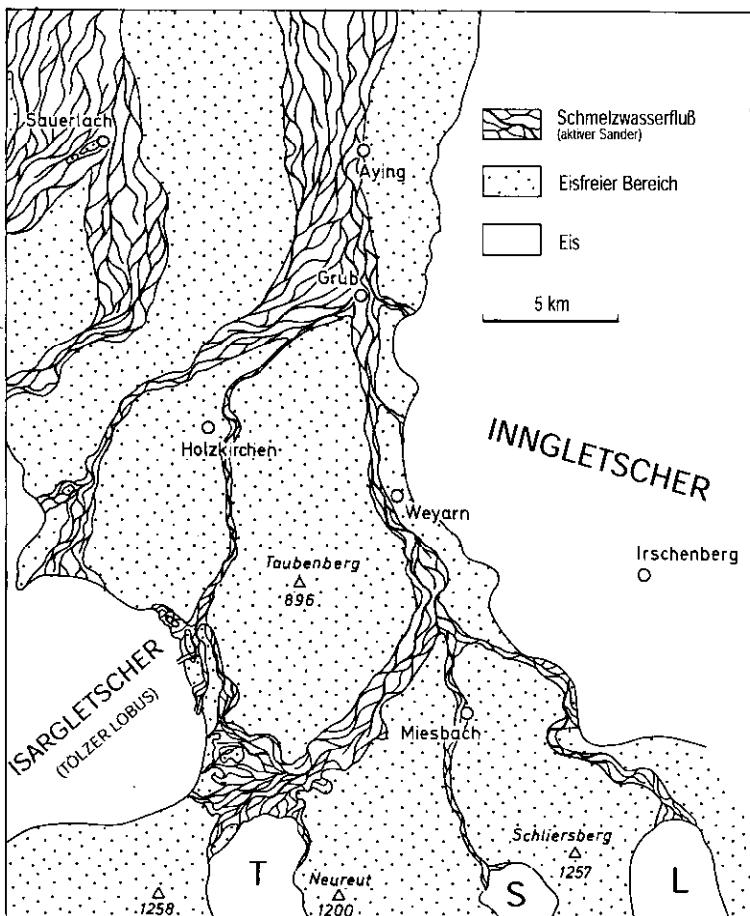


Abb. 5. Landschaftsbild zur Entstehungszeit der Mittleren Niederterrasse; große Teile der südlichen Münchener Schotterebene waren bereits trocken gefallen. – T = Tegernseegletscher, S = Schliersee-gletscher, L = Leitzachgletscher.

(1985: 70) bereits weit hinter dem markanten Moränengürtel des 1. Rückzugsstandes liegt.

Der Schmelzwasserabfluß erfolgte im Quellgebiet des Teufelsgrabens wahrscheinlich über Toteis des Kirchseebeckens (GAREIS 1978). In seinem Oberlauf hatte sich der Teufelsgraben vom „braided river“ zu einem mäandrierenden Fluß entwickelt. Er mündete bei Grub in einen Mangfall-Vorläufer, dessen Lauf zu dieser Zeit noch nach Norden gerichtet war. Die Sohle des heutigen Grub-Harthausener Trockentales beweist das nordgerichtete Gefälle. (TROLL 1924: 44 entgegen BAYBERGER 1912: 11).

An der Westflanke des Inngletschers wurden – zeitgleich mit der Unteren Niederterrasse – die Endmoränen des 1. Rückzugsstandes abgelagert. Östlich von Aying entstand ein neues, eisrandparalleles Tal, das aber nur kurze Zeit Schmelzwässer führte.

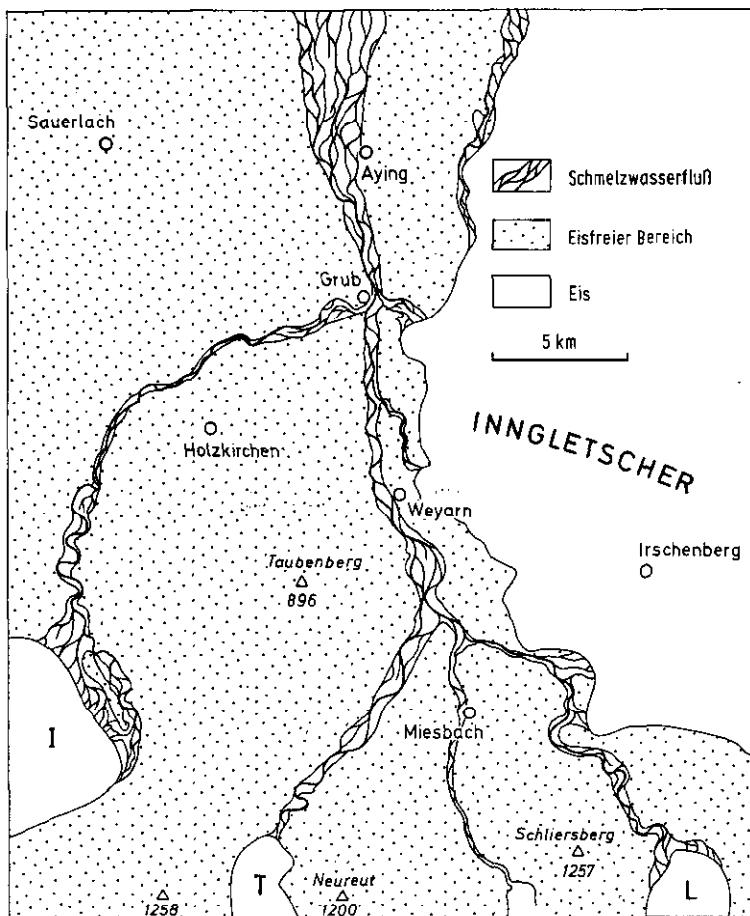


Abb. 6. Landschaftsbild zur Entstehungszeit der Unteren Niederterrasse; zunehmende Konsolidierung des Gewässernetzes. — I = Isargletscher (Tölzer Lobus), T = Tegernseegletscher, L = Leitzachgletscher.

Nach diesen Befunden ist die Untere Niederterrasse nicht ein Äquivalent des 2. Rückzugsstandes, wie von früheren Bearbeitern (STEPHAN 1966: 175; EROL 1968) aus lokaler Sicht angenommen wurde. Aus der regionalen Analyse des Verlaufs der Schmelzwasserströme geht hervor, daß Moränenwälle, die durch Übergangskegel mit der Unteren Niederterrasse in Verbindung stehen, teils dem Außenrand des von TROLL (1924: 37) morphologisch definierten 1. Rückzugsstandes (siehe Inngletscher), teils einer weiter zurückgesetzten Staffel des 1. Rückzugsstandes (siehe Tölzer Lobus des Isargletschers) entsprechen.

### **3.5. Terrassen des Leitzach-Gars-Talzuges und die Umlenkung der Mangfall**

Im Zuge der fortschreitenden Deglaziation entwickelte sich im Inngletschergebiet vor den Endmoränen des 2. Rückzugstandes ein durchgehendes, peripher verlaufendes Schmelzwassertal, der sog. Leitzach-Gars-Talzug (PENCK 1901/09: 140). Das neue Gerinne, dessen Sohle tiefer als das Niveau der Unteren Niederterrasse lag, nahm die Schmelzwässer des Leitzachgletschers auf (vgl. Abb. 7), die nun nicht mehr über das Tal der Galgenleite (s. Kap. 3.3) in das Flussystem der Mangfall-Schlachter-Platte einmündeten.

In diese Zeit fällt auch die Umlenkung des Mangfall-Vorläufers, der zusammen mit den Wässern des Teufelsgrabens zum Tributär des Leitzach-Gars-Talzuges wurde. Damit setzte eine Phase verstärkter Tiefenerosion ein. An Mangfall und Teufelsgraben entstanden Schluchtstrecken. Ihre Eintiefung unter die trockengefallene Talsohle bei Grub erreichte zunächst ca. 20 m (s. Abb. 8, Terrassengruppe 5). Der bei Grub nach Südosten umgelenkte Flusslauf folgte einem Tal, das seit der Zeit der Mittleren Niederterrasse am Eisrand des Inngletschers wurzelte. Dieses bereits von TROLL (1924: 49) vermutete, von Schmelzwässern gesetzte Tal konnte inzwischen durch Terrassenreste belegt werden (GROTTENTHALER 1985: 79).

In der Diskussion über die Ursache der Umlenkung wurde von mehreren Autoren (u. a. REIS 1922: 160) die Anzapfung durch rückschreitende Erosion postuliert. Dagegen stellte bereits PENCK (1901/09: 140) fest, daß die zahlreichen, im Gebiet des Inngletschers bekannten Ablenkungen aus der peripheren in die zentripetale Entwässerungsrichtung „nicht den Charakter von Anzapfungen“ tragen, sondern auf Änderung der Gefällsverhältnisse nach dem Abschmelzen des Eises in tiefer liegenden Talfurchen zurückzuführen seien. Ein analoger Vorgang wurde von TROLL (1924: 43 ff.) und KNAUER (1952: 14) für die Umlenkung der Mangfall ohne Erörterung des auslösenden Ereignisses vorausgesetzt. Im Sinne der zuletzt genannten Autoren ist anzunehmen, daß eine Anzapfung schon deshalb ausscheidet, weil in dem an Ort und Stelle herrschenden, periglazialen Wasserregime keine bedeutende rückschreitende Erosion zu erwarten war. Allerdings stellte sich dem Überlauf des Mangfallwassers auf das tiefere Niveau des Leitzach-Gars-Talzuges ein Hindernis entgegen. Es war eine Schwelle zu überwinden, weil das präformierte, nach der Umlenkung benutzte Tal ursprünglich ein entgegengesetztes Gefälle hatte. Der Druck der bei Grub einmündenden Schmelzwässer des Teufelsgrabens dürfte den Überlauf begünstigt haben.

### **3.6. Jüngere Terrassen**

Eine weitere Tieferlegung des Flussystems wurde möglich, nachdem das Zungenbecken nördlich des Irschenberges eisfrei geworden war. Damit wurde eine

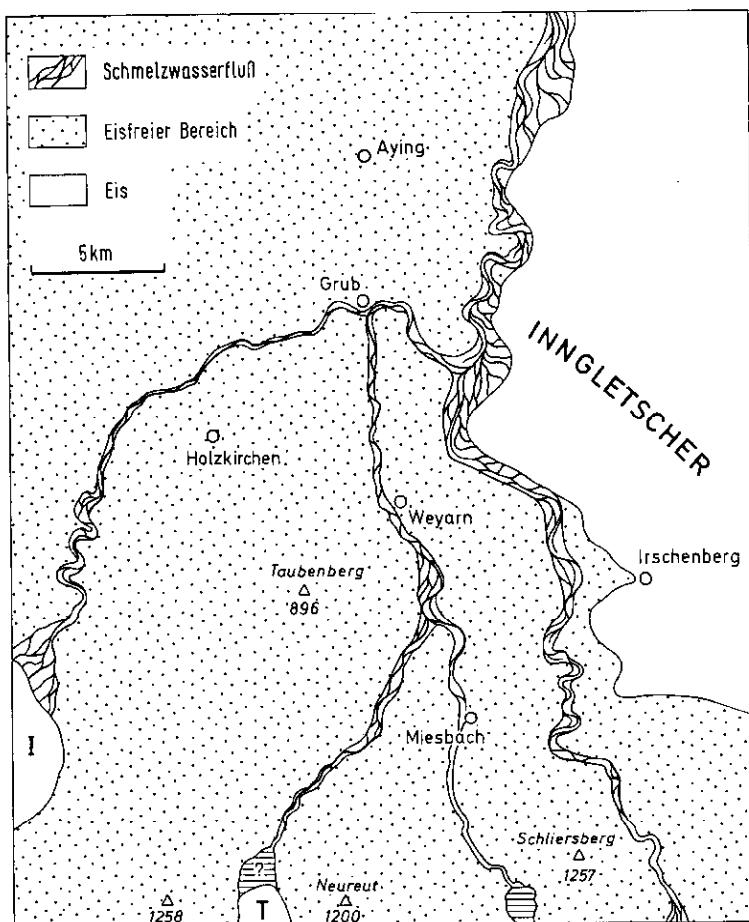


Abb. 7. Landschaftsbild zur Entstehungszeit des Leitzach-Gars-Talzuges; Umlenkung der Mangfall in die neu entstandene eisrandparallele Schmelzwasserrinne. – I = Isargletscher (Tölzer Lobus), T = Tegernseegletscher.

zweite Umlenkung der Mangfall in Richtung auf das Stammbecken des Inngletschers initiiert und der nördliche Streckenabschnitt des Leitzach-Gars-Talzuges büßte – infolge der Unterschneidung seiner Sohle – die bisherige Funktion als große Schmelzwässersammelrinne ein. Das jüngere, tiefer gelegene Flußniveau ist in den heutigen Tälern der Mangfall (Abb. 8, Terrassengruppe 6) und ihrer Tributäre durch Terrassenreste belegt. Eine Ausnahme macht der Teufelsgraben. Sein Sohlgefälle ist auf das Niveau des Leitzach-Gars-Talzuges ausgerichtet. Demnach führte er nach dieser erneuten Tieferlegung der Mangfall keine Schmelzwässer mehr. Er hatte sein Quellgebiet verloren, weil im Bereich des Isargletschers neue, peripherie Abflußrinnen in Richtung auf das heutige Isartal entstanden waren (s. SCHUMACHER 1981).

Östlich des hier behandelten Gebiets zog die fortschreitende Deglaziation im Inngletscherbereich weitere Flußverlagerungen nach sich. Die Mangfall benutzte zeitweise den Glonn-Attel-Talzug (PENCK 1901/09: 139) und konnte erst später ihr

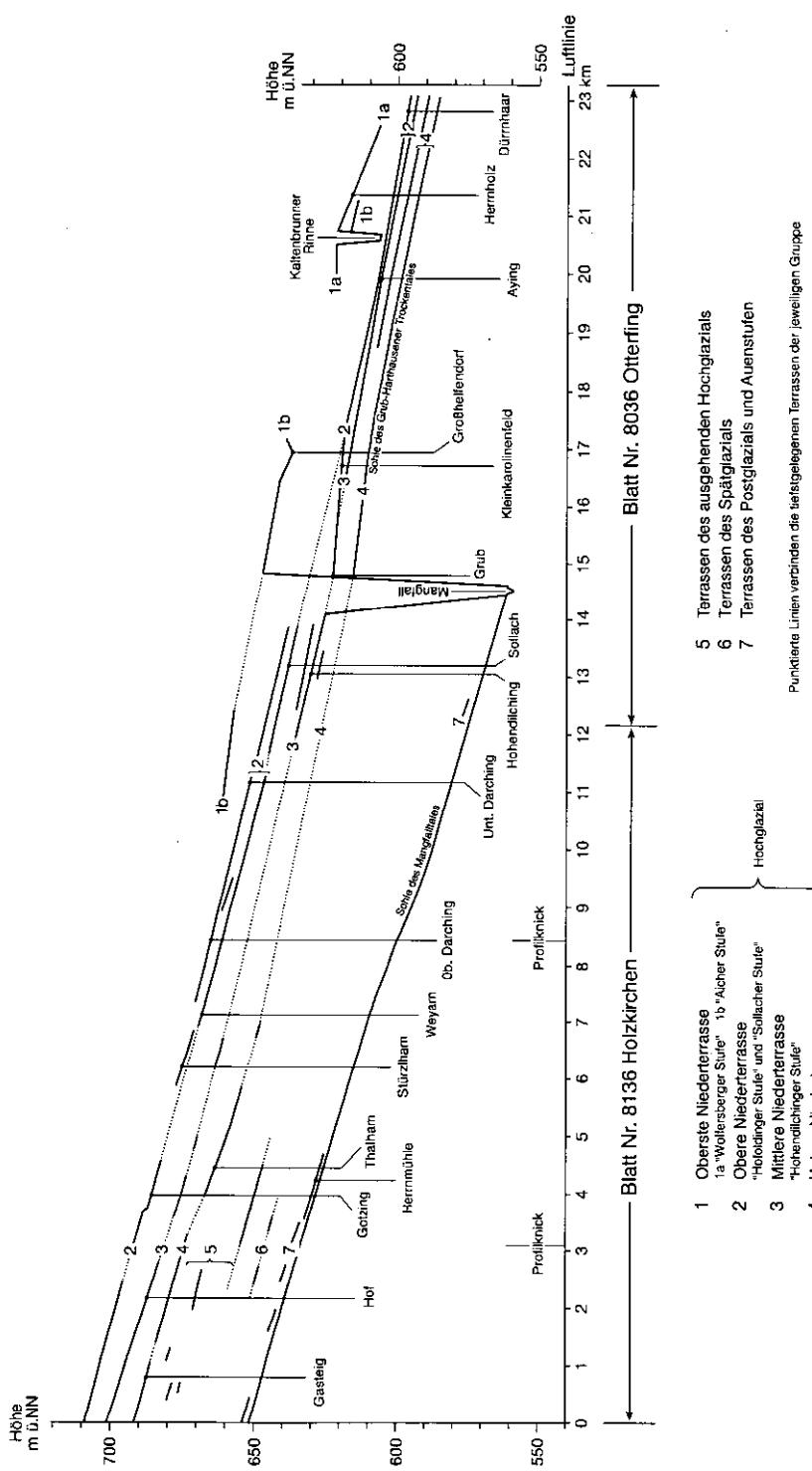


Abb. 8. Würmzeitliche Schotterflur- und Terrassenbildung entlang der Mangfall und im Grub-Harthausener Trockental; Längsprofil Süd-Nord, 50fach überhöht; Lokalnamen von Terrassen nach TROLL (1924); (aus GROTTENHALER 1985, verändert).

Tal nach Südosten weiter verfolgen, um schließlich im Stammbecken des Inngletschers in den – bis auf 478 m ü.NN gestauten – spätglazialen „Rosenheimer See“ einzumünden (TROLL 1924: 92; HANTKE 1993: 256). Mit der sukzessiven Absenkung der Erosionsbasis tiefte sich die Mangfall weiter ein, sodaß die Unterschneidung am Mangfallknie bei Grub heute insgesamt ca. 55 m beträgt.

#### 4. Zeitlicher Rahmen der Deglaziationsereignisse

Die Serie der in Kapitel 3 vorgestellten paläogeographischen Skizzen umfaßt einen relativ kurzen Zeitraum. Sie beginnt (Abb. 3) mit dem würmzeitlichen Vereisungsmaximum, dessen Alter nach verschiedenen Autoren zwischen 20 000 J. v. h. und 18 000 J. v. h. liegen dürfte (vgl. z. B. KRAYSS & KELLER 1996: 116; HABBE in HABBE et al. 1996: 8). Die Darstellung endet mit dem 2. Rückzugsstand des Inngletschers (Abb. 7) im späten Hochglazial, vor ca. 17 000 bis 16 000 J. v. h. Dieser Zeitrahmen ergibt sich aus Altersbestimmungen (zusammenfassende Darstellung s. JERZ 1993: 90 ff., Tabellen 8 und 9).

Aus dem hier behandelten Gebiet liegen zwei bisher wenig bekannte Datierungen vor, die einen Beitrag zu den zeitlichen Rahmenbedingungen liefern:

- Verkohlte Holzstücke aus lakustrinen Sedimenten im Liegenden des Schotterkörpers der Unteren Niederterrasse bei Weyarn (GROTTENTHALER 1985: 61);  $^{14}\text{C}$ -Alter: 25 090  $\pm$  230 B.P.
- Holzreste aus einer Feinsandlage in Schottern unter Würmmoräne bei Wasserburg (JERZ in HABBE et al. 1996: 32);  $^{14}\text{C}$ -Alter 21 990  $\pm$  1230/1070 B.P.

Datierungen, die eine präzisere Eingrenzung des in Kapitel 3 behandelten Zeitabschnittes erlauben, und Datierungen einzelner Rückzugsstände stehen noch aus.

Bisher fehlt auch der Nachweis der von TROLL postulierten Gleichaltrigkeit der geomorphologisch definierten Rückzugsmoränen verschiedener Vorlandgletscher. Pollenanalytische Untersuchungen mit dem Ziel, den synchronen Ablauf der Deglaziationsereignisse klimageschichtlich zu belegen (FRENZEL et al. 1983) führten nicht zu den erhofften Ergebnissen. Einschneidende Klimaschwankungen vor Beginn der „Murifeld-Steppenphase“ konnten nicht nachgewiesen werden, weil trotz intensiver Suche nach geeigneten Untersuchungsstandorten keine Sedimentkerne mit hochglazialen Vegetationssukzessionen erbohrt werden konnten. Die aus dem Bereich der Vorlandgletscher untersuchten Pollenprofile reichen höchstens bis in die Älteste Dryas (Pollenzone I a) zurück.

Zur Frage der synchronen Ausbildung der Rückzugsstände ergeben sich aus Kapitel 3 im wesentlichen folgende Sachverhalte:

- Eine vorgeschobene Endmoräne ist nur am Westrand des Inngletschers ausgebildet. Ihre Bildungszeit liegt vor der Aufschüttung der in Abb. 3 dargestellten Obersten Niederterrasse.
- Die Moränen der Hauptrandlagen von Isar- und Inngletscher stehen mit der Obersten Niederterrasse in Verbindung. Daraus ist auf ihre synchrone Entstehung zu schließen.

- Das Abrücken der Eisfront von der Hauptrandlage wird von individuellen Reaktionen der einzelnen Gletscher geprägt.
- Der von TROLL als 1. Rückzugsstand definierte, sich deutlich hervorhebende Moränenkranz wurde von den einzelnen Gletschern nicht gleichzeitig gebildet.
- Als verbindendes geomorphologisches Element für alle Moränen des 2. Rückzugsstandes wird im Inngletscherbereich die periphere Schmelzwasserrinne des Leitzach-Gars-Talzuges gewertet. Im Bereich des Isargletschers erfolgte die Ausbildung einer durchgehenden peripheren Sammelrinne mit zeitlicher Verzögerung.

Zusammenfassend wird festgestellt, daß die von TROLL als zeitgleich angesehenen Endmoränen häufig zeitlich versetzt entstanden sind. Sie sind demnach nicht als scharfe chronostratigraphische Zeitmarken zu sehen, sondern als Zeugen längerer Zeitabschnitte, in denen der allgemeine Eisrückzug durch kurzzeitige Vorstöße (vgl. JERZ 1970) oder stationär bleibende Eisränder unterbrochen war. Mangels anderer Zeitmarken kann bei geologischen Kartierungen auf die geomorphologisch erkennbaren Rückzugsstände nicht verzichtet werden.

## 5. Literatur

- AIGNER, D. (1910): Das Tölzer Diluvium. – Mitt. Geogr. Ges., **5**: 1–159, 1 geol. Kt. 1 : 100 000, München.
- BAYBERGER, F. (1912): Einiges zur Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte der Flüsse in Südbayern. – Bayer. Zeitschr. f. Real Schulwesen, **1912** (3,4): 1–26, o.O.
- BUECHLER, E., GROTTENTHALER, W. & SPERBER, F. (1986): Standortkundliche Bodenkarte von Bayern 1:50 000, Blatt Nr. L 8136 Holzkirchen. – München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- DREESBACH, R. (1985): Sedimentpetrographische Untersuchungen zur Stratigraphie des Würmglazials im Bereich des Isar-Loisachgletschers. – Diss. Univ. München, 176 S., München.
- DUBITSKY, J. (1984): Geologisch-mikropaläontologische Untersuchungen im Taubenberggebiet NW Miesbach/Obb. unter besonderer Berücksichtigung der Konglomerate der Oberen Süßwassermolasse. – Dipl.-Arb. Univ. München, 150 S., 1 geol. Kt. 1 : 10 000, München. – [Masch.-Schr.]
- EROL, O. (1968): Geomorphologische Untersuchungen über das Zungengebiet des würmeiszeitlichen Leitzachgletschers und die Terrassen des oberen Leitzachtals. – Münchener Geogr. Hefte, **33**: 1–69, Kallmünz/Regensburg.
- EROL, O. & STEPHAN, W. (1968): Geomorphologische Karte des oberen Mangfall-, Schlierach- und Leitzachgebietes i. M. 1 : 50 000. – Beilage zu EROL, O. (1968). – Münchener Geogr. Hefte, **33**: 1–69, Kallmünz/Regensburg.
- FEULNER, M. (1955): Terrassenuntersuchungen auf der Münchener Niederterrasse. – Diss. Univ. München, 126 S., München. – [Masch.-Schr.]
- FRENZEL, B., PESCHKE, P., OLLI-VESALAINEN, M. & BLUDAU, W. (1983): Über das Alter würmeiszeitlicher Endmoränenstände süddeutscher ehemaliger Vorlandgletscher. – In: INQUA-Subkommission für Europäische Quartärstratigraphie [Hrsg.]: Führer zu den Exkursionen im nördlichen Alpenvorland und im Nordalpengebiet, 106–145, München.
- GAREIS, J. (1978): Die Toteisfluren des Bayerischen Alpenvorlandes als Zeugnis für die Art des spätwürmeiszeitlichen Eisschwundes. – Würzburger Geogr. Arb., **46**: 101 S., Würzburg.

- GROTTENTHALER, W. (1985): Geologische Karte von Bayern 1 : 25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8036 Otterfing und zum Blatt Nr. 8136 Holzkirchen. – 189 S., 2 geol. Ktn., München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- GROTTENTHALER, W. (1989): Lithofazielle Untersuchungen von Moränen und Schottern in der Typusregion des Würm. – In: ROSE, J. & SCHLÜCHTER, C. (ed.): Quaternary Type Sections: Imagination or Reality?, 101–112, Rotterdam (Balkema).
- HABBE, K. A., JERZ, H. & DOPPLER, G. (1996): Exkursionsführer Alpenvorland (Inn-Chiemsee- und Salzachgletschergebiet) zur DEUQUA-Exkursion A2. – 59 S., Gmunden/Oberösterreich.
- HABER, G. (1960): Geologie des Thalhamer und Reisacher Gebietes an der Mangfall. – 86 S., 2 geol. Ktn. 1 : 5 000, 2 Prof.-Taf., München (Stadtwerke, Wasserwerke).
- HANTKE, R. (1993): Flussgeschichte Mitteleuropas. – 460 S., Stuttgart (Enke).
- HÖVERMANN, J. (1954): Die Periglazialerscheinungen im Tegernseegebiet. – Göttinger geogr. Abh., **15**: 1–35, 1 Kt., Göttingen.
- JERZ, H. (1970): Eisrandlagen und Oszillationen des würmzeitlichen Innvorlandgletschers (Beobachtungen an Rohrgrabenaufschlüssen). – Z. dt. geol. Ges., **120** (1968): 13–22, Hannover.
- JERZ, H. (1993): Das Eiszeitalter in Bayern. – 243 S., Stuttgart (Schweizerbart).
- KALLENBACH, H. (1964): Zur Quartärgeologie und Hydrogeologie im würmeiszeitlichen Isargletscher-Bereich nördlich von Bad Tölz. – Diss. TH München, 105 S., 1 geol. Kt. 1 : 50 000, München. – [Masch.-Schr.]
- KNAUER, J. (1929): Erläuterungen zum Blatt München-West der Geognostischen Karte von Bayern 1 : 100 000, Teilblatt Landsberg. – 47 S., München (Piloty & Loehle).
- KNAUER, J. (1952): Diluviale Talverschüttung und Epigenese im südlichen Bayern. – Geologica Bavaria, **11**: 5–32, München.
- KRAYSS, E. & KELLER, O. (1996): Hydrographie des Bodenseeraums während der letzten Vorlandvereisung. – Schr.-R. VG Bodensee, **114**: 111–143, 1 Kt. 1 : 250 000, Friedrichshafen.
- LEBLING, C. (1959): Landform, Stein und Wasser um Holzkirchen. – 23 S., 1 geol. Kt. 1 : 25 000 (Pos.-Bl. Holzkirchen 762), München (IRO-Verlag).
- LEBLING, C. (1960): Geologische Heimatkarte von Miesbach in Oberbayern. – Handkolorierte geol. Karte 1 : 25 000 (Pos.-Bl. Miesbach 787) mit Erläuterung, Miesbach (W. F. Mayr).
- LEVY, F. L. (1913): Das Tegernseevorland, Oberflächenformen, Aufbau und Versuch einer Entstehungsgeschichte. – Mitt. Geogr. Ges. München, **8**: 337–380, 1 morph.-geol. Kt. 1 : 50 000, München.
- LÜTTIG, G. (1959): Eiszeit-Stadium-Phase-Staffel; Eine nomenklatorische Betrachtung. – Geol. Jb., **76**: 235–260, Hannover.
- PENCK, A. (1901/09): Die Eiszeiten in den nördlichen Ostalpen. – In: PENCK, A. & BRÜCKNER, E. (1901/09): Die Alpen im Eiszeitalter, I. Bd.: 23–393, Leipzig (Tauchnitz).
- PENCK, A. (1913): Die Glazialbildungen zwischen Tölz und Holzkirchen. – Z. Gletscherkde., **VII**: 74–118, Berlin.
- PFLAUMANN, U. & STEPHAN, W. (1968): Geologische Karte von Bayern 1 : 25 000 Blatt Nr. 8237 Miesbach. – München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- REIS, O. M. (1922): Über einzelne Beobachtungen im Diluvium der Umgegend von München. – Geognost. Jh., **34**(1921): 143–168, München.
- ROTHPLETZ, A. (1917): Die Osterseen und der Isar-Vorlandgletscher. – Mitt. Geogr. Ges. München, **12**: 99–314, 1 geomorph. Kt. 1 : 150 000, München.
- SCHAEFER, I. (1978): Die Gliederung der Münchener Ebene. – Mitt. Geogr. Ges. München, **63**: 37–67, München.

- SCHUMACHER, R. (1981): Untersuchungen zur Entwicklung des Gewässernetzes seit dem Würmmaximum im Bereich des Isar-Loisach-Vorlandgletschers. – Diss. Univ. München, 204 S., München.
- STEPHAN, W. (1966): Quartär. – In: STEPHAN, W. & HESSE, R. (1966): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25 000 Blatt Nr. 8236 Tegernsee, 161–193, München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- STEPHAN, W. (1968): Quartär. – In: PFLAUMANN, U. & STEPHAN, W. (1968): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25 000 Blatt Nr. 8237 Miesbach, 288–315, München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- STEPHAN, W. & HESSE, R. (1966): Geologische Karte von Bayern 1 : 25 000 Blatt Nr. 8236 Tegernsee. – München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- TROLL, K. (1924): Der diluviale Inn-Chiemsee-Gletscher. – 121 S., 1 geol.-morphol. Kt. 1 : 100 000, Stuttgart (Engelhorn).
- TROLL, K. (1925): Die Rückzugsstadien der Würmeiszeit im nördlichen Vorland der Alpen. – Mitt. Geogr. Ges. München, **18**: 281–292, München.
- TROLL, K. (1926): Die jungglazialen Schotterfluren im Umkreis der deutschen Alpen. – Forsch. dt. Landes- u. Volkskunde, **24**: 158–256, Stuttgart.

Manuskript bei der Redaktion eingegangen am 25. 2. 1997.

# Petrographische Untersuchungen an würmzeitlichen Moränen und Schmelzwasserablagerungen von Altenau bei Unterammergau

Von ULLRICH RAST

Mit 2 Tabellen

## 1. Einleitung

Südwestlich der Gemeinde Altenau sind am Ostufer der Ammer in einer Kies- und Sandgrube in der Gemarkung „Im Kochel“ (Bl. 8332 Unterammergau, R 44 25 90 H 52 79 03, ca. 840 m + NN) vorwiegend grobkörnige, mehr oder weniger schlecht sortierte Ablagerungen aufgeschlossen. Sowohl die Kies- als auch die Sandfraktion bestehen nach visueller Schätzung nur zu etwa 40 % aus kalkalpinem Material, die Flyschgesteine des unmittelbaren Hinterlandes machen den Großteil im Geschiebespektrum aus, auch Kristallingerölle sind anzutreffen.

Der Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist aber nicht die Geröllanalyse, sondern die Mitteilung der Untersuchungsergebnisse der Korngrößenfraktion <0.002 mm auf ihren Tonmineralbestand und der Fraktion 0.25–0.1 mm auf ihren Schwermineralgehalt. In diesen beiden Fraktionen ist, wenn vorhanden, ein weit-aus größerer Anteil von Abtragungsmaterial der leicht verwitterbaren Flyschgesteine der unmittelbaren Umgebung zu erwarten als in den größeren Fraktionen.

## 2. Aufschlußbeobachtungen und -interpretationen

Die im Aufschluß zugänglichen Ablagerungen zeigen in ihrem faziellen Aufbau ein sehr heterogenes Bild wie es für Moränenmaterial eher untypisch ist. Nur im unteren Teil des Aufschlusses, besonders gut erkennbar in seinem südlichen Teil, sind Ablagerungen zu sehen, die wegen ihres Gefüges und ihrer Sortierung als Moränenmaterial angesprochen werden können. Im übrigen Aufschluß ist ein häufiger Wechsel von Kies- und Sandlagen mäßiger bis schlechter Sortierung zu beobachten, deren Mächtigkeiten von wenigen Zentimetern bis mehrere Dezimeter schwanken und die, neben lateralen Fazieswechseln im Aufschlußbereich zahlreiche andere Merkmale von Transport und Ablagerung in strömendem Wasser zeigen, z. B. Einregelung von Geröllen, Schrägschichtung, Gradierung, Erosionskolke und -rinnen. Richtungsbezogene Merkmale deuten, mit häufig und deutlich wechselnden Richtungen, auf einen Transport aus etwa Süden. Das Gesamtbild des Schichtstoßes wird, mit Ausnahme der Ablagerungen im Sohlbereich des Aufschlusses, als eine relativ gletscherrandnahe Füllung einer oder mehrerer Schmelzwasserrinnen gedeutet, die bei raschem Abfluß und zeitweise hoher Sedimentfracht zwar so zügig verfüllt wurden, daß eine insgesamt recht gleichmäßige

Korngrößenverteilung über den Aufschlußbereich erhalten blieb, wenige schluffig-mergelige Zwischenlagen aber deuten auch auf Phasen geringer Strömungsaktivität hin. Im Südteil des Aufschlusses sind mehr schluffreiche Lagen anzutreffen als im Nordteil, dafür ist hier die Zahl der schlecht sortierten Lagen (sog. Geröllpelite) größer, die als Ablagerungen aus Strömen hoher Sedimentdichte gedeutet werden.

Eine pauschale visuelle Beschreibung des aufgeschlossenen Materials müßte etwa folgendermaßen ausssehen: Vorherrschend Gerölle der Kiesfraktion in sandig-schluffiger Matrix, Farbeindruck: graubraun, Sortierung stark wechselnd, mäßig bis schlecht; Geröllbestand: Flyschsandsteine, kalkalpines Material, rote Gesteine (Radiolarite?), andere Flyschgesteine. Anteil nicht kalkalpinen Materials ca. 60 %. Anteil Kiesfraktion ca. 50 %, Anteil Grobsandfraktion ca. 30 % nach visuellen Schätzungen, von Lage zu Lage stark schwankend.

Von den untersuchten Proben ist lediglich die Probe B784 (T6) eindeutig als Moränenmaterial (wahrscheinlich Grundmoräne) identifizierbar, alle anderen haben die oben beschriebenen Umlagerungsprozesse mitgemacht.

### 3. Analysenergebnisse und Diskussion

*Tabelle 1:* Kies- und Sandgrube „Im Kochel“, ca. 0.5 km SSW Altenau, am E-Ufer der Ammer, Bl. 8332 Unterammergau, R 44 25 90 H 52 79 03, ca. 840 m + NN

Relative Tonmineralhäufigkeiten in der Fraktion < 0.002 mm in Rel.-%.

Lab-#	Probe-#	ML <sub>reg</sub>	ML <sub>III/Sm</sub>	ML <sub>ill</sub>	Vt	III	Kt	Ct
B779	T1	—	36 <sup>77</sup>	—	—	51 <sup>qu</sup>	8	5
B780	T2	2	39 <sup>62</sup>	x	—	50 <sup>qu</sup>	3	6
B781	T3	v	34 <sup>91*</sup>	v	v	59 <sup>qu</sup>	3	4
B782	T4	—	17 <sup>75</sup>	—	8	62 <sup>qu</sup>	5	9
B783	T5	—	32 <sup>85</sup>	—	—	56 <sup>qu</sup>	6	6
B784	T6	v	32 <sup>72</sup>	—	v	58 <sup>qu</sup>	5	5
B806	45.35–45.50m	x	13 <sup>**</sup>	—	—	65 <sup>qu</sup>	9	13

Abkürzungen

ML<sub>reg</sub> = regelmäßige Mixed-Layer-Mineralen; Vt = Vermikulit; ML<sub>III/Sm</sub> = unregelmäßige Wechsellagerungsminerale aus Illit und Smektit, die Indexzahlen geben die relativen Anteile quellfähiger Lagen, i. e. des Smektit an (im Wert sind bei \* auch geringe Anteile illitreicher Mixed-Layer-Mineralen enthalten); ML<sub>ill</sub> = illitreiches Mixed-Layer- Mineral; III = Illit, Index zeigt Nachweis der randlichen Aufweitbarkeit der Schichten an; Kt = Kaolinit; Ct = Chlorit; v = vorhanden, aber nicht quantifizierbar; x = in Spuren vorhanden; — = nicht nachgewiesen  
\*\* = reiner Smektit

Methode nach RAST (1993).

Wie ein Vergleich mit noch nicht publizierten Tonmineralanalysen an einem Zementmergel der unmittelbaren Nachbarschaft (Labor-Nr. B806 aus der Bohrung in der Gemarkung „Am See“ bei Altenau, Bl. 8332 Unterammergau) zeigt, ist die Tonmineralzusammensetzung der der Zementmergelprobe nicht unähnlich, woraus man schließen könnte, daß zumindest ein beträchtlicher Anteil der Proben Abtragungsprodukte des Zementmergels sind, der südwestlich der Ammer auch über Tage ansteht. Verallgemeinernd wird angenommen, daß die Tonfraktion in den

Proben vorwiegend aus Lösungsrückständen karbonatischer Gesteine, also nicht nur des Zementmergels besteht, was durch die Vormacht des Illits und das relativ untergeordnete Vorkommen der 7 Å-Mineral Chlorit und Kaolinit bestätigt würde. Interessant sind jedoch die sonstigen Tonminerale, die in den Proben gefunden wurden. Es handelt sich um verschiedene Wechsellagerungsminerale mit etwas unterschiedlichem, insgesamt relativ hohem Anteil quellfähiger Smektit-Schichten; sie kommen im Zementmergel überhaupt nicht vor. Solche Tonminerale herrschen beispielsweise in Molassetonen vor, werden aber auch im Bodenbildungsbereich angetroffen, sogar dort, wo im Ausgangsmaterial nur Illit zu finden ist. Diese Wechsellagerungsminerale können also mit aller Vorsicht als oberflächennah gebildet angesehen werden. Daraus könnte man nun, etwas spekulativ, folgern, daß das Material irgendwann im Laufe seiner Geschichte seit der Abtragung vom Ausgangsgestein einer wie auch immer gearteten Bodenbildung unterworfen gewesen sein könnte, ohne weitergehende, zeitlich präzisierende Zuordnungen machen zu können.

*Tabelle 2:* Kies- und Sandgrube „Im Kochel“, ca. 0.5 km SSW Altenau, am E-Ufer der Ammer, Bl. 8332 Unterammergau, R 442590 H 527903, ca. 840 m +NN

Schwermineralanalysen in Kornprozent an der Fraktion 0.1 bis 0.25 mm.

#### Gesamtspektrum

Labor-#	Proben-#	G	Z	T	R	Ap	St	Di	Spi	Hbl	Ep+Zo	So	Kornz.
B779	T1	74	4	1	3	3	5	—	3	1	6	1	300
B780	T2	72	7	—	6	4	2	—	3	—	7	1	107
B781	T3	62	13	2	—	—	5	—	1	2	15	—	95
B782	T4	61	3	3	4	3	9	—	2	4	9	2	100
B783	T5	70	1	1	4	4	8	<1	2	2	7	<1	300
B784	T6	keine Fraktion 0.1–0.25 mm enthalten											

#### Prozentuale Darstellung des Restspektrums außer Granat (bezogen auf 100 %)

Labor-#	Proben-#	G	Z	T	R	Ap	St	Di	Spi	Hbl	Ep+Zo	So	Kornz.
B779	T1		14	4	12	10	22	1	11	3	21	2	100
B780	T2		23	—	20	13	7	—	10	—	23	3	30
B781	T3		33	6	—	—	14	—	3	6	39	—	36
B782	T4		8	8	10	8	23	—	5	10	23	5	39
B783	T5		4	4	12	12	27	21	6	7	25	11	100
B784	T6	keine Fraktion 0.1–0.25 mm enthalten											

Angaben in Kornhäufigkeits-%. Dokumentation der Arbeitsmethode bei RAST (1991).

— = nicht nachweisbar

Abkürzungen: G = Granat; Z = Zirkon (+ Xenotim + Monazit); T = Turmalin; R = Rutil; Ap = Apatit; St = Staurolith; Di = Disthen; Spi = Spinel; Hbl = Hornblende; Ep+Zo = Epidot + Zoisit (+ Klinozoisit + gelegentlich vorkommende feinkörnige Pumpellyit-Aggregate); So = sonstige transparente Schwerminerale; Kornz. = Kornzahl.

Sonstige (So) insgesamt gefundene Schwerminerale

B779: 2 Biotite

B780: 1 Chloritoid

B782: 1 Biotit, 1 Titanit

B783: 1 Titanit

Die Schwermineralgehalte der Proben sind bis auf eine Probe im Vergleich zu Material etwa aus der ungefalteten Molasse eher mäßig bis gering – bis auf eine Probe. In dem Moränenmaterial (B784) wurden in der Fraktion 0.1 bis 0.25 mm überhaupt keine Schwerminerale gefunden; diese Verhältnisse spiegeln sich auch in der Kornstatistik der Restspektren, ja selbst der Gesamtspektren wieder. Charakteristisches Merkmal aller untersuchten Proben scheint der hohe bis sehr hohe Gehalt an opaken magnetischen Mineralen zu sein, wobei der Anteil der Opakminerale insgesamt nicht besonders auffällig hoch ist. Der Verwitterungszustand der Schwerminerale kann als durchweg frisch bis sehr frisch bezeichnet werden, selbst auf die sehr empfindlichen und auch rein mechanisch fragilen Hornblenden trifft dies zu. Foraminiferen aus Kreide und Tertiär fielen in der sandigen Probe B779 aus dem Nordteil der Grube und B783, einer eher schluffigen Probe aus dem Südteil auf (frdl. mündliche Mitteilung von Dr. H. RISCH, GLA). Zu dem Eindruck der Frische passen auch die in B779 und B782 unter den akzessorischen Schwermineralen gefundenen Biotite. In der Probe B783 kommen Spessartine vor. In der Probe B784, in der keine Fraktion >0.1 mm vorhanden ist, wurde trotzdem ein den anderen Proben vergleichbares Schwermineralspektrum gefunden, zudem auch hier wieder der hohe Anteil magnetischer Opakminerale, Spinell ist nicht selten, Turmalin, Apatit und Disthen dagegen abwesend. Das gehäufte Auftreten von Zirkon in dieser Probe ist charakteristisch für Korngrößenfraktionen <0.1 mm und ist unabhängig von der Herkunft der Probe. Hornblenden treten etwas häufiger in den insgesamt eher feinkörnigen Proben aus dem Südteil der Grube auf.

Die Granatvormacht ist eindeutig, wenn auch nicht übermäßig, wie sie bei einem Material mit so hohen nichtkarbonatischen Anteilen durchaus erwartet werden konnte. Relativ ähnliche Kornspektren deuten auf ein einheitliches Hauptausgangsmaterial hin. Unterschiede, wie etwa die relative Anreicherung von Mineralen der Zirkon- und Epidotgruppe in der Probe B781 werden auf Sortierung und Anreicherung im strömenden Wasser zurückgeführt und zeigen den mehrphasigen Entstehungsprozeß des aufgeschlossenen Schichtstoßes an. Interessant ist auch die Tatsache, daß in der einzigen Probe, welche mit einiger Sicherheit nicht im Wasser umgelagertes Moränenmaterial darstellt, B784, gar keine Schwerminerale der zu untersuchenden Fraktion gefunden wurden. Damit ist natürlich andererseits keine genetisch differenzierende Aussage möglich. Bei der Betrachtung der Restspektren außer Granat darf nicht übersehen werden, daß wegen des insgesamt sehr geringen Schwermineralgehaltes der meisten Proben nicht genügend Schwerminerkörper gefunden wurden, um eine statistisch ausreichend gesicherte Aussage über die Schwermineralverteilung insgesamt machen zu können (Proben mit Kornzahlen deutlich unter 100 Körnern). Immerhin ist allein schon das, wenn auch nur geringe Vorkommen von Schwermineralen der Spinellgruppe in hohem Maße ein Indikator für die Herkunft des Materials. Spinelle kommen in mafischen Tiefen- und Ergußgesteinen vor, die im Kalkalpin sicher nicht vorhanden sind oder waren. Am ehesten sind als Quelle Gesteine des Helvetikums bzw. der Flyschzone denkbar, in denen Abtragungsprodukte von Ozeanbodengesteinen vorkommen, aber auch durch Eistransport verfrachtetes Material der Grauwackenzone und des zentralalpinen Kristallins.

Insgesamt kann gesagt werden, daß, im Gegensatz zu den Tonmineralen, bei den Schwermineralen keinerlei Hinweise auf oxidative Veränderungen, d. h. Ver-

witterungsvorgänge gefunden werden können. Kornrundung, Frische und die große Zahl unterschiedlichster Mineralarten zeigen Liefergebietennähe an. Unterschiedliche Korngrößenfraktionen mögen durchaus verschiedene Entwicklungen durchlaufen haben und in einem mehrphasigen Prozeß an der jetzigen Stelle abgelagert sein. Als Liefergebiete sind die Alpen von der Flyschzone bis ins zentral-alpine Kristallin anzusehen, was mindestens für einen Großteil der Strecke Eistransport voraussetzt; dabei fand Verwitterung, wenn überhaupt erst am Ort der letzten Ablagerung und in jüngster Zeit statt.

#### 4. Literatur

- RAST, U. (1991): Sedimentpetrographische Untersuchungsmethoden am Bayerischen Geologischen Landesamt. Teil I: Schwermineralanalyse. – *Geologica Bavarica*, **96**: 223–228, München.
- RAST, U. (1993): Sedimentpetrographische Untersuchungsmethoden am Bayerischen Geologischen Landesamt. Teil II: Tonmineralanalyse. – *Geologica Bavarica*, **97**: 177–192, München.

## Nachruf auf Paul Schmidt-Thomé\*

1911–1997



Am 26. März 1997 ist Prof. Dr. PAUL SCHMIDT-THOMÉ in München im Alter von 85 Jahren gestorben. Von 1946 bis 1953 gehörte er dem Bayerischen Geologischen Landesamt (GLA) an und war nach seinem Ausscheiden Korrespondierendes Mitglied dieses Amtes. Von 1954 bis 1977 war er Ordinarius für Geologie an der Technischen Hochschule (TH) München.

*Paul, JAKOB, JOSEF SCHMIDT-THOMÉ* wurde am 16. Juli 1911 als vierter von sieben Kindern des Notars Dr. AUGUST SCIIMIDT und seiner Ehefrau ELISABETH, geb. THOMÉ, in Köln geboren. Ab 1936 führte er den Doppelnamen SCHMIDT-THOMÉ. In dem christlich geprägten Elternhaus hat er eine unbeschwerete, glückliche und wohlbehütete Kindheit und Jugend verbracht.

Von 1917 bis 1921 besuchte er die Volksschule in Köln-Kriel, bis 1930 das Realgymnasium in Köln-Lindenthal. Durch den spielerischen Umgang mit Aquarien, Terrarien und die Betätigung im elterlichen Garten interessierte er sich frühzeitig für die Naturwissenschaften und auch für fremde Länder.

1930 studierte SCHMIDT-THOMÉ zunächst in Freiburg und dann in Bonn Biologie, Chemie und Physik und auf dem Umweg über Geographie zuletzt schwerpunktmäßig Geologie. Bei H. CLOOS und M. RICHTER wurde er 1936 in Bonn mit einer Dissertation über „Stratigraphie und Tektonik der Alpenrandzone zwischen der Wertach und Pfronten im Allgäu“ in Geologie, Mineralogie und Geographie mit dem Prädikat „Sehr gut“ promoviert. Diese erste wissenschaftliche Arbeit sollte ein späterer Schwerpunkt seiner Tätigkeit am GLA und an der TH in München werden. Von 1935 bis 1936 war er Hilfsassistent am Geologischen Institut der Universität Bonn bei H. Cloos und gleichzeitig Assistent an der Geologisch-Bodenkundlichen Abteilung an deren Landwirtschaftlichen Fakultät bei O. WILCKENS, von

\* Foto H. Volker Seidel, München

1936 bis 1938 Wissenschaftlicher Assistent am Geologischen Staatsinstitut der Universität Hamburg bei R. BRINKMANN. Auf dessen Anregung machte er geologisch-tektonische Untersuchungen auf der Insel Helgoland. In Hamburg lernte er im Hause eines Kollegen seine spätere Frau, BERTHA FESSLER, eine Münchnerin, kennen, die er im Oktober 1939 in Bilbao/Spanien geheiratet hat.

1938 folgte eine erste praktische Tätigkeit als Montangeologe bei dem reichseigenen Bergbaukonzern MONTANA in Spanien und Spanisch-Marokko. Im Rahmen der Autarkiebestrebungen des Dritten Reichs galt es, dort rüstungsrelevante mineralogische Rohstoffe zu prospektieren. Nach Erledigung dieses Auftrags war SCHMIDT-THOMÉ 1941 nach Deutschland zurückgekehrt und wurde bei H. STILLE am Geologischen Institut der Universität Berlin beamteter wissenschaftlicher Assistent und hat im August am Reichsamt für Bodenforschung in Berlin die erste geologische Staatsprüfung mit „Gut“ abgelegt. Im gleichen Jahr wurde er zum Wehrdienst bei den Pionieren eingezogen und mit wehrgeologischen Aufgaben betraut; bald aber von der Luftwaffe übernommen, war er nach kurzem Dienst bei der Truppe bis 1943 als Reg.-Baurat im Offiziersrang in der Abteilung „Bau“ des Reichsluftfahrtministeriums in Berlin mit wehrgeologischen Aufgaben tätig. In dieser Zeit habilitierte sich SCHMIDT-THOMÉ 1942 bei H. STILLE mit einer Arbeit über „Paläozoisches Grundgebirge und junges Deckgebirge in Zentralspanien“. 1942 Ernennung zum Diplom-Geologen durch die TH Berlin-Charlottenburg, 1943 Ernennung zum Dozenten für Geologie durch die Universität Berlin. Im gleichen Jahr erneute Abordnung als Montangeologe zum Bergbaukonzern MONTANA in Spanien. Diesmal oblag ihm die geologische Beratung der inzwischen in Förderung begriffenen deutsch-spanischen Bergbaubetriebe. Nach dem Zweiten Weltkrieg übernahm eine alliierte Treuhänderkommission den ehemals reichseigenen Bergbaukonzern und SCHMIDT-THOMÉ mit dem Auftrag, seine bisherige Tätigkeit fortzusetzen. 1946 schied er auf eigenen Wunsch aus und kehrte zu seiner Familie nach Holzen im Isartal südlich von München zurück. Im Sommer 1946 fand PAUL SCHMIDT-THOMÉ eine Anstellung an der Geologischen Landesuntersuchung am Oberbergamt München (ab 1947 Bayerisches Geologisches Landesamt) und wurde 1948 zum Regierungsrat ernannt. Im Rahmen der Geologischen Landesaufnahme war er für den westlichen Teil der bayerischen Nördlichen Kalkalpen und ihres nördlichen Molassevorlandes zuständig und konnte an seine dort vor dem Krieg begonnenen Arbeiten anknüpfen. Von der Geologischen Karte von Bayern 1 : 100 000 wurden von ihm die Blätter 662 Füssen, 663 Murnau und 664 Tegernsee jeweils mit Profiltafel erstellt. Für die Geologische Übersichtskarte der Süddeutschen Molasse 1 : 300 000 mit drei Profiltafeln und Erläuterungsheft (1955) zeichnete SCHMIDT-THOMÉ gemeinsam mit O. GANSS für die Bearbeitung der Subalpinen Molasse verantwortlich; für die Geologische Karte von Bayern 1 : 500 000 und Erläuterungsheft, 1. Auflage 1954, war er für den alpinen Bereich zwischen Bodensee und Mangfall, für die 2. Auflage 1964 für den gesamten Alpenanteil verantwortlich. Auf zwölf bis 1997 erschienenen Blättern der Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 sind von ihm während seiner Amtszeit und später mehr oder weniger große Teile kartiert worden. Jenen liegen z. T. auch Kartierungen im Rahmen von Diplom- und Doktorarbeiten seiner Schüler zugrunde. Dabei hat er in der frühzeitigen Erkenntnis der ökonomischen und ökologischen Bedeutung als Sand- und Kieslagerstätten, als Grundwasserspeicher usw. großen Wert auf eine möglichst genaue Kartierung und Gliederung der quar-

tären Ablagerungen gelegt. Während seiner Zeit am GLA war SCHMIDT-THOMÉ auch mit Aufgaben der angewandten Geologie befaßt, so z.B. 1948/49 mit der ingenieurgologischen Bearbeitung für die im oberen Isartal geplante und 1959 fertiggestellte Sylvenstein-Talsperre und die Rißbachüberleitung in den Walchensee mittels des Grasberg- und Hochkopfstollens sowie für den bei Füssen geplanten und gebauten sog. Roßhauptener-Lechspeicher, heute Forggensee.

Neben seiner Tätigkeit als Amtsgeologe war SCHMIDT-THOMÉ nach seiner Umhabilitierung von der Universität Berlin an die Universität München ab 1948 auch als Privatdozent tätig und hat am Institut für Allgemeine und Angewandte Geologie und Mineralogie Vorlesungen und Übungen gehalten und Exkursionen geführt. Er konnte für diese Tätigkeit jedoch nur wenig Zeit erübrigen, und so kannten wir damaligen Studenten ihn immer in Eile und mit fliegenden Rock-schößen und einer Kartenrolle unter dem Arm oder im Rucksack auf dem Fahrrad zu den Vorlesungen kommend.

An der TH München (heute TU) gab es schon vor dem Zweiten Weltkrieg ein Institut für Mineralogie und Geologie, an dem der jeweilige Institutedirektor, immer ein Mineraloge, beide Fächer vertreten hat. Da dies auf die Dauer keine befriedigende Lösung war, wurde 1953 an diesem Institut ein Extraordinariat für Geologie eingerichtet und PAUL SCHMIDT-THOMÉ als planmäßiger außerordentlicher Professor berufen. Anlässlich einer Rufabwendung an die Universität Würzburg wurde er dann 1954 zum ordentlichen Professor und Direktor des nun selbständigen Geologischen Instituts ernannt. Während seines Ordinariats hat er noch drei weitere ehrenvolle Rufe an die Universitäten Innsbruck 1957, Heidelberg 1958 und Göttingen 1963 erhalten und ebenfalls abgewendet. Damit konnte er beim Kultusministerium zwei Planstellen für wissenschaftliche Angestellte und Sachmittel zum weiteren Ausbau des Instituts erwirken.

Das neu gegründete Institut sollte entsprechend der Tradition an Technischen Hochschulen bevorzugt die angewandte, technische Geologie mit besonderem Bezug zum Grundbau und zur Boden- und Felsmechanik, für die es an der Hochschule bereits einen eigenen Lehrstuhl gab, in Forschung und Lehre vertreten und sich gegenseitig im Lehrangebot mit dem in unmittelbarer Nähe gelegenen Institut für Allgemeine und Angewandte Geologie und Mineralogie der Universität ergänzen. Gleichzeitig wurde die bis dahin an der TU nicht existierende Studienrichtung „Geologie“ eingerichtet. Mit seinem reichen praktischen Erfahrungsschatz und unter Hinzuziehung von Lehrbeauftragten für Spezialgebiete hat SCHMIDT-THOMÉ diese Vorgaben zu erfüllen versucht. Neue Wege beschritt er Mitte der 60er Jahre mit der Einrichtung einer Abteilung „Sedimentforschung und Meeresgeologie“ durch seinen Schüler R. FABRICIUS. Damit konnte die fazielle und strukturelle Entwicklung des Alpenraumes und seiner Tethyssedimente unter neuen Gesichtspunkten erforscht und mit der der spanischen Gebirgsketten sowie im östlichen Mittelmeer verglichen werden. Daß die tektonische Geologie der Alpen und Mittelmeerkäander ein Hauptschwerpunkt der Instituts- und Geländearbeit blieb, war nicht anders als zu erwarten.

Während der Aufbauphase des Instituts hat SCHMIDT-THOMÉ verständlicherweise zunächst die von ihm vor dem Krieg begonnene und nachher am GLA fortgesetzte Erforschung der Nördlichen Kalkalpen und ihres Molassevorlandes mit

seinen Diplomanden und Doktoranden wieder aufgenommen (s. o.). In diesem Zusammenhang hat er auch im Auftrag der Erdöl-Industrie deren Konzessionen im Alpenraum und Vorland kartiert und faziell-paläogeographisch untersucht. Im Auftrag der Jodquellen AG, Bad-Tölz, hat er Ende der 50er/Anfang der 60er Jahre im Raum Bad-Tölz-Heilbrunn durch hydrogeologische Untersuchungen in Verbindung mit Aufschlußbohrungen neue ergiebige Jodwasservorkommen erschließen und damit den schon in Frage gestellten Fortbestand des Kurbetriebes in beiden Bädern für die Zukunft sichern können. Geologisch bestätigten die Bohrungen die damals noch umstrittene, von SCHMIDT-THOMÉ aber vertretene Decken- und Überschiebungstheorie am Alpennordrand in eindrucksvoller Weise.

Die akademische Freiheit nutzend, hat P. SCHMIDT-THOMÉ seine Forschungstätigkeit dann mehr und mehr über die bayerischen Grenzen hinweg ausgedehnt und mit seinen Schülern seine früheren Untersuchungen auf der Iberischen Halbinsel und in Spanisch-Marokko wieder aufgenommen.

P. SCHMIDT-THOMÉ hat immer die Synthese zwischen Grundlagen- und angewandter Forschung gesucht und in Forschung und Lehre praktiziert. Diese Verknüpfung von Wissenschaft und Praxis hat ihn auch nach dem Zweiten Weltkrieg wiederholt ins Ausland geführt. Trinkwasser- und Bewässerungsprojekte haben ihn in Spanien, Marokko, Algerien, Senegal und Guinea beschäftigt. In Venezuela und Peru oblag ihm die geologisch-bergwirtschaftliche Beurteilung von Eisenerzlagerstätten, in Französisch-Marokko die von Manganvorkommen im Atlas. In Nordgriechenland war es die ingenieurgeologische Beratung eines Talsperrenbauwerks, im Dschungel Thailands die einer neu zu planenden Eisenbahntrasse im Grenzgebiet zu Laos.

Zur Erweiterung des eigenen geowissenschaftlichen Horizonts und zur Erfüllung seines Jugendwunsches, ferne Länder kennenzulernen, hat P. SCHMIDT-THOMÉ, z. T. als Delegierter der Bundesrepublik Deutschland, an mehreren Internationalen Geologenkongressen (IGK) teilgenommen, so 1952 am XIX. IGK in Algier mit Exkursionen nach Marokko, in die Sahara und Äquatorial-Afrika. Die Teilnahme am XX. IGK in Mexiko 1956 verband er mit einer mehrmonatigen Studienreise in den USA, um verschiedene Lagerstätten, Talsperren- und Bewässerungsprojekte kennen zu lernen. Im Rahmen des XXI. IGK in Kopenhagen 1960 führten ihn Exkursionen nach Westnorwegen, Finnland und Dänemark. Anlässlich des XXII. IGK in Indien 1964 machte er Bekanntschaft mit Teilen des indischen Gondwana-Grundgebirges und mit den Randketten des Himalaya nördlich von Dehli.

PAUL SCHMIDT-THOMÉ engagierte sich für die Geowissenschaften auch als Mitglied in deren wissenschaftlichen Gesellschaften und Institutionen, so z. B. 1949 bis 1964 als Mitglied des Wissenschaftlichen Ausschusses des Deutschen Alpenvereins, 1958–1960 und 1964–1966 Mitglied des Vorstandes und 1961–1963 Mitglied des Beirats der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 1955 bis 1960 war er Vorstandsmitglied der Geologischen Vereinigung, 1957 bis 1959 stellv. Vorsitzender der Deutschen Quartärvereinigung und mehrere Jahre Mitglied im Vorstand der Geographischen Gesellschaft München. 1959 bis 1964 fungierte er als Gutachter im Fachausschuß „Geologie und Mineralogie“ der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Er hat mehrere geologische Fachtagungen vorbereitet, geleitet und Exkursionen geführt.

Die Fülle und das breite Spektrum seiner geowissenschaftlichen Aktivitäten weisen PAUL SCHMIDT-THOMÉ als einen vielseitigen, erfahrenen und engagierten Geowissenschaftler aus. Die überragenden Forscherpersönlichkeiten seiner Lehrer CLOOS, BRINKMANN, STILLE haben ihn geprägt. Er war stets um eine kritische Betrachtung, aber auch um eine konsequente Weiterentwicklung ihrer Ideen bemüht. Wie H. STILLE ist SCHMIDT-THOMÉ bei der Unzahl seiner Einzelbeobachtungen nicht am Detail verhaftet geblieben, sondern hat sich erfolgreich bemüht, große Zusammenhänge zu sehen. So hat er z. B. solche zwischen den Bauelementen der Atlas-Ketten in Spanisch-Marokko und der südspanischen Gebirge einerseits und den Alpen andererseits herstellen können und sie in die Geodynamik des gesamten mediterranen Raumes einbezogen. Die von H. STILLE postulierte Gleichzeitigkeit vieler tektonischer Vorgänge hat auch im tektonischen Konzept SCHMIDT-THOMÉS immer einen hohen Stellenwert besessen. Er hat auch den in München zu seiner Zeit noch umstrittenen Deckenbau der Nördlichen Kalkalpen stets engagiert vertreten. Zur Klärung dieser Frage, vor allem aber aus der Sicht möglicher Kohlenwasserstoff-Vorkommen in deren Autochthon hat auf Betreiben des Autors ein Konsortium mehrerer deutscher Erdölfirmen unter Federführung der PREUSSAG 1977 bis 1979 im oberen Isartal die erste inneralpine Basisbohrung, und mit 6468 Metern bis dato tiefste Bohrung in Westdeutschland, niedergebracht. Sie hat SCHMIDT-THOMÉ in seiner Annahme bestätigt. Das GLA hat ihm aus diesem Anlaß zu seinem 70. Geburtstag 1981 Band 81 *Geologica Bavarica „Die Tiefbohrung Vorderriß 1“* gewidmet.

Wie ein roter Faden zieht sich die wissenschaftliche Beschäftigung mit der Tektonik durch das Forscherleben PAUL SCHMIDT-THOMÉS. Mit ersten geologischen Arbeiten in den Alpen in den 30er Jahren hat es angefangen. Schon dabei und bei den meisten folgenden Arbeiten hat die Tektonik eine maßgebliche Rolle gespielt. Als Krönung seiner tektonischen Arbeiten ist 1972 aus seiner Feder nach mehr als siebenjähriger mühevoller Arbeit Band 2 „Tektonik“ des dreibändigen Lehrbuchs der Allgemeinen Geologie von R. BRINKMANN erschienen. Die Geowissenschaften befanden sich damals mit den neuen Erkenntnissen der Platten-tektonik in einem gewaltigen Umbruch, und die einschlägigen Publikationen überschlugen sich. Mit dieser rasanten Entwicklung beim Schreiben eines modernen Lehrbuchs schrittzuhalten, stellte SCHMIDT-THOMÉ vor eine kaum befriedigend lösbare Aufgabe. Neben diesem Standardwerk weist sein Schriftenverzeichnis weitere 83 Titel aus.

Die Deutsche Geologische Gesellschaft hat anlässlich ihrer 131. Hauptversammlung in Marburg 1979 PAUL SCHMIDT-THOMÉ „dem Erforscher alpidischer Gebirge, dem erfolgreichen Hochschullehrer und verdienstvollen Förderer der angewandten Geologie“ die HANS-STILLE-Medaille verliehen. Das GLA hat ihn nach seinem Ausscheiden zum korrespondierenden Mitglied auf Lebenszeit ernannt.

Mühsam hat PAUL SCHMIDT-THOMÉ mit nur wenigen Mitarbeitern sein Institut im Hauptgebäude der TH aus dem Nichts aufgebaut. Wie für die meisten Wissenschaftler bedeutete auch für ihn der damit und mit der Leitung eines Instituts verbundene Bürokratismus eine ungeliebte Belastung, den Verlust kostbarer Zeit auf Kosten von Forschung und Lehre. Er hatte jedoch das große Glück, daß Frau L. BEENKEN, seine langjährige, verwaltungserfahrene Sekretärin, die er vom GLA

mitgebracht hatte, ihn davon weitgehend entlastet hat. Sie war die Seele und Mutter des Instituts, besonders auch für die Studenten. Dr. H. BÖGEL, Schüler von SCHMIDT-THOMÉ, zuletzt Akademischer Direktor, war für Wissenschaft und Organisation die rechte Hand und der gute Geist am Institut. Die Abteilung „Sedimentforschung und Meeresgeologie“ war unter der Leitung von Dozent Dr. R. FABRICIUS in guten Händen. Auf dieses Team konnte der Chef sich verlassen. Es hat ihm den Freiraum für seine umfangreichen Geländearbeiten und seine publizistische Tätigkeit am Schreibtisch ermöglicht. Auch die übrigen wissenschaftlichen und sonstigen Mitarbeiter haben das Ihre dazu beigetragen. Durch dieses harmonische Zusammenwirken konnte sich das Geologische Institut an der TH München unter dem Ordinariat von SCHMIDT-THOMÉ im In- und Ausland zu einer anerkannten Forschungseinrichtung entwickeln.

Als Hochschullehrer hat PAUL SCHMIDT-THOMÉ in Vorlesungen, Übungen und Exkursionen seinen Hörern den nicht immer leichten Lehrstoff, angereichert durch reiche eigene Erfahrung, zu vermitteln versucht. In seinem Element als Tektoniker war er, wenn er an Hand schwungvoll an der großen Wandtafel entworfener Profile, oder von einem markanten Geländepunkt aus, die Geologie und Tektonik der Nördlichen Kalkalpen entwickelt hat. Besonders beliebt waren deshalb bei den Studenten seine Exkursionen. Auf ihnen herrschte zwischen Lehrer und Schülern ein kameradschaftliches Verhältnis, nie aber Kameraderie. Bei Diplom- und Doktorarbeiten hat er jene weitgehend an der langen Leine laufen lassen und nur dann korrigierend eingegriffen, wenn und wo dies nötig schien. Er war weniger ein autoritärer als vielmehr ein väterlicher Chef. Er war kein strenger, sicher aber ein gerechter Prüfer. Seine Schüler haben ihn nicht nur als akademischen Lehrer, sondern besonders auch wegen seiner menschlichen Qualitäten geschätzt. Aus seiner Schule sind zahlreiche Geologen/innen hervorgegangen, nicht wenige später selbst als Hochschullehrer oder in leitenden Stellungen im In- und Ausland tätig, mehrere auch am GLA.

Ein Nachruf wäre unvollständig, wenn nur das Lebenswerk eines Menschen und nicht auch er selbst gewürdigt wird. PAUL SCHMIDT-THOMÉ war bis zu seinem Schlaganfall ein drahtiger, sportlicher Typ, der sich im Gelände wohler gefühlt hat als am Schreibtisch. Er war von Kindheit an stark naturverbunden. Der große parkartige Garten zuhause in Holzen war bis zuletzt für ihn ein kleines Paradies. Dort hat er mehr als 25 Jahre phänologische Beobachtungen für den Deutschen Wetterdienst durchgeführt und wurde 1977 vom Bundesminister für Verkehr mit der Wetterdienstplakette ausgezeichnet. Er war ein musischer Mensch und allem Schönen, besonders der Musik zugetan, die auch in seinem Haus gepflegt worden ist. Er spielte Klavier und Cello und sang im Kirchenchor. Er war fleißig und ehrgeizig, aber alles andere als ein Ellenbogenmensch. Konfrontationen suchte er durch Ausgleich gütlich beizulegen. Sein Elternhaus hat ihn christlich geprägt, und christliche Maxime wie Hilfsbereitschaft, Ehrlichkeit, Bescheidenheit, Güte und Respekt vor dem Mitmenschen haben ihn als schätzenswerten, vornehmen Menschen ausgezeichnet. Als gebürtiger Kölner kam er mit seiner rheinischen, aber nicht lauten Frohnatur bei den Bayern gut an; und er hat sich in seiner bayerischen Wahlheimat wohlgeföhlt.

Neben dem Beruf war die große Familie die andere tragende Säule im Leben PAUL SCHMIDT-THOMÉS. Ihr galt seine ganze Liebe und Sorge. Dies brachte ihn

manchmal sogar in Gewissenskonflikte und hat ihn belastet. Er schreibt selbst einmal: „Die Pflichten des Professors zur Ausübung von Forschung und Lehre und zu Veröffentlichungen sind neben den Familienpflichten ein unerbittlicher kategorischer Imperativ, der mich nicht zur Ruhe kommen läßt.“ Die Familie war andererseits für ihn ein lebenswichtiger Kraftquell. Seiner Gattin und seinen fünf Kindern, vier Söhnen, eine Tochter, war er ein liebevoller, fürsorglicher Gatte und Vater. Alle Kinder sind tüchtige Menschen geworden. Mit besonderem Stolz und Genugtuung hat ihn erfüllt, daß zwei Söhne, MICHAEL der Älteste und ROBERT der Jüngste, in die Fußstapfen des Vaters getreten und Geologen geworden sind. Mit Freude verfolgte er bis zuletzt das Heranwachsen seiner zwölf Enkel, mit denen er sich als Großvater gerne beschäftigt und für deren Anliegen er sich interessiert hat.

Einige schwere Schicksalsschläge sind PAUL SCHMIDT-THOMÉ nicht erspart geblieben. Im Frühjahr 1977 erlitt er einen schweren Schlaganfall, der am 30. September 1977 zu seiner Emeritierung führte. Damit fanden weitere wissenschaftliche Aktivitäten zunächst weitgehend ein Ende. Zu der für den Ruhestand geplanten Publikation des Bandes drei „Das Alpenland“ in der Reihe „Geologie von Bayern“ sowie eines geologischen Führers „Umgebung von München“ kam es nicht mehr. Dank der aufopferungsvollen Pflege durch seine Gattin hatte SCHMIDT-THOMÉ sich Mitte der 80er Jahre aber soweit von den Folgen des Schlaganfalls erholt, daß er die weit fortgeschrittenen früheren Arbeiten für einen geologischen Führer für Helgoland abschließen konnte. Dieser ist 1987 als Band 82 in der Sammlung geologischer Führer bei Borntraeger in Stuttgart als seine letzte Veröffentlichung erschienen. Sein Gesundheitszustand hat es sogar zugelassen, daß er 1984 mit seiner Gattin anlässlich einer mehrwöchigen anstrengenden Reise seinen Sohn MICHAEL in Kolumbien besuchen konnte, der dort als Geologe eine geologische Mission der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe geleitet hat.

1987 war der plötzliche Tod seiner geliebten „BERTL“ ein neuer schwerer Schicksalsschlag für SCHMIDT-THOMÉ. Nunmehr auf sich selbst gestellt, fand er mit strenger Selbstdisziplin und eiserner Energie schneller als nach seinem Schlaganfall zu einem normalen Leben zurück. Er lernte wieder Autofahren und versorgte sich längere Zeit sogar selbst. Zehn zufriedene Jahre waren ihm in seinem großen, schönen Haus in Holzen, umgeben von seinen vielen Büchern, Landkarten und Erinnerungsstücken und seinem geliebten Garten noch vergönnt. Die letzten Jahre war er bei zunehmender Gehbehinderung von seiner in der Nähe wohnenden Tochter VRONI liebe- und aufopferungsvoll betreut worden. Zu seinem 85. Geburtstag hatten sich 1996 zahlreiche ehemalige Schüler/innen und Mitarbeiter in Icking versammelt.

Am 26. März 1997 starb SCHMIDT-THOMÉ nach kurzer schwerer Krankheit in einer Klinik in München. Am 3. April 1997 nahm eine zahlreiche Trauergemeinde auf dem Waldfriedhof in Icking von ihm Abschied.

Mehr als 60 Jahre hat PAUL SCHMIDT-THOMÉ im intensiven Gespräch mit der Erde zugebracht. Welch eine Fülle von Möglichkeiten zum Erleben, kritischen Beobachten, zur Analyse und Synthese, zum ständigen Dazulernen, aber auch zur Weitergabe der dabei gemachten reichen Erfahrungen und gesammelten Kenntnisse an andere. Wahrhaft ein begnadetes Forscherleben, in dem sich Hobby und

Beruf glücklich verbinden ließen, das aber auch durch den verantwortungsbewußten Umgang mit den ihm anvertrauten jungen Menschen, mit Kollegen und mit der leblosen und belebten Natur die eigene Person in ihrer Bescheidenheit und Achtung vor dem Mitmenschen und der Natur geprägt hat. So werden wir PAUL SCHMIDT-THOMÉ als Geowissenschaftler, Hochschullehrer und Mensch in dankbarer Erinnerung behalten.

HELMUT VIDAL

## Nachruf auf Wolf-Dietrich Ott

1941–1996



Unfaßbar die Nachricht, WOLF-DIETRICH OTT ist tot, gestorben auf einer Bergwanderung. Er, der stets soviel Stärke und Gesundheit ausstrahlte.

WOLF-DIETRICH OTT war eine Persönlichkeit mit vielen Facetten, die alle zu betrachten und zu würdigen im Rahmen dieses Nachrufs nicht möglich ist. Er wurde am 26. 03. 41 in Freyung, Bayerischer Wald, geboren, als erstes Kind von Dr. WOLFGANG OTT und seiner Ehefrau HERTA OTT, geb. LÖLINGER. Sein weiterer Lebensweg führte ihn nach Walchensee, wo sein Vater die Leitung des dortigen Forstamts übernahm. Er besuchte dort 1947–1951 die Volkschule und dann später das humanistische Gymnasium in Garmisch-Partenkirchen. Nachdem sein Vater zum Leiter des dortigen Forstamts bestellt worden war, lebte die Familie in Garmisch-Partenkirchen, das WOLF-DIETRICH OTT zur Heimat wurde. Nach dem Abitur 1961 diente er zwei Jahre bei den Gebirgsjägern in Mittenwald. Es war ihm dies eine selbstverständliche Pflicht, die in seiner Heimatliebe wurzelte. Danach nahm er als Reserveoffizier, zuletzt als Hauptmann, an sieben Wehrübungen teil. Seinen Gebirgsjägern fühlte er sich bis zu seinem Tod verbunden.

Rasch und zügig absolvierte er von 1963–1969 das Studium der Geologie an der Universität in München. Seine Diplomarbeit war petrographisch ausgerichtet und befaßte sich mit der Geologie des Südostteils von Blatt St. Englmar, Bayerischer Wald. Durch Prof. Dr. G. FISCHER, seinen Lehrer, wurde ihm dabei eine solide geologisch-petrographische und auch mineralogische Ausbildung zuteil. „Dr.-Vater“ war dann Prof. Dr. H. G. HUCKENHOLZ, der Nachfolger von Prof. FISCHER als Institutsleiter. Die Promotion erfolgte am 23. 05. 73 mit einer sehr gut bewerteten experimentell-petrologischen Arbeit über Pyroxene. Sein Studium der Geologie-Petrologie-Mineralogie stand somit auf einer breiten Basis.

Bereits 1970 wurde er wissenschaftlicher Assistent, eine Stelle, die er bis zu seinem Eintritt in das Bayerische Geologische Landesamt innehatte und die ihn finanziell unabhängig machte. So konnte er eine Familie gründen und verehelichte sich am 18. 07. 1969 mit Frau BRIGITTE MEHL. Aus der Ehe gingen drei Söhne hervor, ANDREAS, MARTIN und STEPHAN. Seinen Kindern war er ein liebevoller Vater und stets um ihr Wohlergehen besorgt.

Am 1. 01. 1976 trat Dr. WOLF-DIETRICH OTT als wissenschaftlicher Angestellter in das Bayerische Geologische Landesamt ein. Er arbeitete als kartierender Geologe im Bayerischen Wald und erstellte in kurzer Zeit die Blätter St. Englmar, Viechtach und Bischofsreut. Er hatte die Fähigkeit geologische Gegebenheiten im Gelände rasch zu erfassen.

Im geologischen Landesamt wurden seit C. W. v. GÜMBEL nur mehr vereinzelt chemische Gesteinsanalysen durchgeführt. Die Gesteine wurden zwar eingehend makroskopisch und zumeist auch mineralogisch beschrieben, aber die chemische Untermauerung fehlte. Es war das Verdienst von W. D. OTT diesen Mißstand nicht nur erkannt, sondern auch abgestellt zu haben. Durch sein Studium mit den modernen Methoden der Analytik vertraut, baute er eine Gesteinsanalytik auf, die den Durchsatz großer Probenmengen in kurzer Zeit erlaubt. Er ging dabei zunächst einen ungewöhnlichen Weg. Er erreichte, daß zusammen mit der Universität ein Analysengerät angeschafft und gemeinsam betrieben wurde. Mit dem stetigen Anwachsen des Probenmaterials war dann die Anschaffung eines amtseigenen Geräts unumgänglich. In seiner zupackenden Art schaffte er den Aufbau des Labors in kurzer Zeit, so wie er überhaupt alles rasch erledigte. Neben fachlichem Wissen kam ihm dabei seine gute handwerkliche Fähigkeit zugute. Von beiden Eigenschaften profitierten auch die anderen Labors und Kollegen.

Die Analytik betrieb er nicht stur mechanisch. Jede Analyse wurde von ihm kritisch durchgesehen, um eventuelle Fehler sofort erkennen und ausmerzen zu können. Unter der Leitung von Dr. OTT wurden Tausende von Gesteinsanalysen durchgeführt, die heute einen wertvollen Datenbestand des Amtes darstellen. Er war im Hause der Fachmann für Gesteinsanalytik. Sein Wissen, seine Erfahrung und auch seine Hilfsbereitschaft gegenüber anderen werden sehr fehlen.

Auch außerhalb des Amtes gab er sein Wissen weiter: Über Jahre hinweg hielt er an der Volkshochschule einen Mineralogiekurs. Es zeugt dabei von seiner Beliebtheit, daß manche Teilnehmer den gleichen Kurs mehrfach belegten. Vor allem einer älteren Dame hatte er es angetan, die ihn regelmäßig zu Weihnachten mit Gebäck bedachte.

Seine Freizeit verbrachte er fast ausschließlich in den Bergen, wobei Schitouren, vor allem in den Westalpen für ihn einen besonderen Erlebniswert hatten. W. D. OTT war aber nicht nur Naturkonsument, sondern er war auch aktiv im Naturschutz tätig. Jahrelang hat er das Naturschutzgebiet Hardt bei Weilheim betreut.

Und es war auch in den Bergen, wo er mit Frau E. KLEIN eine neue Lebensgefährtin fand. Eine gemeinsame Zukunft mit Hochzeit war geplant. Mit ihr unternahm er seine letzte Bergwanderung, er starb in ihrer Begleitung in seinen geliebten Bergen in einer für ihn glücklichen Lebensphase.

IRBER, W., ARNOLD, E., HEDLER, H., HEDLER, S., PEDALL, G. (1997): Die Galgenleite bei Goldkronach - Geologie und Geschichte eines Goldbergbauversuchs im Bernecker Gneiskeil, Fichtelgebirge. - *Geologica Bavaria*, 102, S. 101-108, 1 Abb., München.

IRBER, W., ARNOLD, E. (1997): Goldkronach-Brandholz im Saxothuringikum des Fichtelgebirges - neue Aspekte zur Genese der bekanntesten bayerischen Goldlagerstätte. - *Geologica Bavaria*, 102, S. 109-141, 24 Abb., München.

ZÜRL, F. (1997): Die Geschichte des Goldkronach-Brandholzer Gold- und Antimonbergbaus. - *Geologica Bavaria*, 102, S. 143-171, 14 Abb., München.

HERZOG, T., LEHRBERGER, G., STETTNER, G. (1997): Goldvererzungen bei Neualbenreuth im Saxothuringikum des Waldsassener Schiefergebirges, Oberpfalz. - *Geologica Bavaria*, 102, S. 173-206, 11 Abb., 4 Tab., München.

LEHRBERGER, G. (1997): Geochemische Untersuchungen an der Goldvererzung bei Oberviechtach-Unterlangau im Moldanubikum des Oberpfälzer Waldes. - *Geologica Bavaria*, 102, S. 207-227, 14 Abb., München.

WEBER, A., LEHRBERGER, G., MORTEANI, G. (1997): Gold und Arsen in Pilzen, Moosen und Baumnadeln - biogeochemische Aspekte einer "geogenen Altlast" im Moldanubikum des Oberpfälzer Waldes bei Oberviechtach. - *Geologica Bavaria*, 102, S. 229-250, 15 Abb., 2 Tab., München.

HAUNER, U. (1997): Geomorphologische Untersuchungen der pleistozänen Goldseifen und ihrer anthropogenen Grübenfelder im Inneren Bayerischen Wald. - *Geologica Bavaria*, 102, S. 251-267, 5 Abb., München.

MARTINEK, K.-P., LEHRBERGER, G. (1997): Goldvererzungen im Moldanubikum des Falkensteinmassivs zwischen Zwiesel und Bayerisch Eisenstein, Bayerischer Wald. - *Geologica Bavaria*, 102, S. 269-300, 16 Abb., 1 Tab., München.

FEHR, K.T., HAUNER, U., WEBER, A. (1997): Zur Mineralogie und Bergbaugeschichte der pleistozänen Goldseifen im Rachel-Vorland, Moldanubikum/Bayerischer Wald. - *Geologica Bavaria*, 102, S. 301-325, 15 Abb., 1 Tab., München.

HARTL, E., WIMMER, G., LEHRBERGER, G. (1997): Die Goldgewinnung aus eluvialen und alluvialen Goldvorkommen im Moldanubikum bei Haidmühle und Bischofsreut, Bayerischer Wald. - *Geologica Bavaria*, 102, S. 327-344, 5 Abb., München.

LEHRBERGER, G. (1997): Methodik der Schwermineraluntersuchung von primären und sekundären Goldvorkommen im nordostbayerischen Grundgebirge. - *Geologica Bavaria*, 102, S. 33-43, 5 Abb., München.

KOCH, A., LEHRBERGER, G., LAHUSEN, L. (1997): Primäre und sekundäre Goldvorkommen zwischen Tittling und Perlesreut im Bayerischen Wald, Moldanubikum. - *Geologica Bavaria*, 102, S. 345-358, 9 Abb., München.

UNGER, H.J. (1997): Der Ortenburger Schotter am Nordrand der ostbayerischen Molasse. - *Geologica Bavaria*, 102, S. 361-392, 23 Abb., 3 Tab., München.

GROTTENTHALER, W. (1997): Zur würmzeitlichen Deglaziationsgeschichte im Mangfallgebiet. - *Geologica Bavaria*, 102, S. 393-407, 8 Abb., 1 Tab., München.

RAST, U. (1997): Petrographische Untersuchungen an würmzeitlichen Moränen und Schmelzwasserablagerungen von Altenau bei Unterammergau. - *Geologica Bavaria*, 102, S. 409-413, 2 Tab., München.

VIDAL, H. (1997): Nachruf auf Paul Schmidt-Thomé 1911-1997. - *Geologica Bavaria*, 102, S. 415-422, 1 Foto, München.

BAUBERGER, W. (1997): Nachruf auf Wolf-Dietrich Ott 1941-1996. - *Geologica Bavaria*, 102, S. 423-424, 1 Abb., München.

GRÜNER, F., HATZL, T., MORTEANI, G. (1997): Die Goldvererzungen in den Amphiboliten der Hangendserie der Münchberger Gneismasse, Oberfranken. - *Geologica Bavarica*, 102, S. 45-75, 17 Abb., 3 Tab., München.

MORAVEK, P., LEHRBERGER, G. (1997): Die genetische und geotektonische Klassifikation der Goldvererzungen in der Böhmisichen Masse. - *Geologica Bavarica*, 102, S. 7-31, 2 Abb., 2 Tab., München.

RAUH, K., LEHRBERGER, G. (1997): Geländespuren und Geschichte des Goldbergbaues in der Münchberger Gneismasse und im Frankenwald, Oberfranken. - *Geologica Bavarica*, 102, S. 77-100, 10 Abb., München.