

BARBARA-GESPRÄCHE PAYERBACH 1995

Rezente hydrothermale Aktivität und Lagerstättenbildung
(Komplexmassivsulfiderze - "Schwarze Raucher")
an aktiven Spreizungsrücken am Ozeanboden

W. TUFAR



INHALT

Zusammenfassung	9
Summary	10
1. Einführung	10
2. Ostpazifischer Rücken	12
3. Galápagos-Rift	15
4. Rotes Meer	15
6. Tyrrhenisches Meer	20
7. Schlußfolgerungen und Ausblick	20
Literatur	23
Tabellen	28
Abbildungen	43

Anschrift des Verfassers:

*Univ.-Prof. Dr. Werner TUFAR
Fachbereich Geowissenschaften
der Philipps-Universität Marburg
Hans-Meerwein-Straße
D - 35032 Marburg/Lahn
Bundesrepublik Deutschland*

Barbara-Gespräche Payerbach 1995	Band 2	"Geogen - Anthropogen" "Hausmüllversuchsanlage Breitenau"	Seite 7 - 89 Abb. 1 - 109	Wien 1997
-------------------------------------	--------	--	------------------------------	-----------

Rezente hydrothermale Aktivität und Lagerstättenbildung (Komplexmassivsulfiderze - "Schwarze Raucher") an aktiven Spreizungsrücken am Ozeanboden

WERNER TUFAR

Zusammenfassung

Aktive Spreizungsrücken nehmen eine weite Erstreckung, vornehmlich am Ozeanboden, ein. Sie stellen Zonen des Magmenaufstieges aus dem Erdmantel dar und sind stellenweise durch eine intensive rezente hydrothermale Aktivität und Bildung von Komplexmassivsulfiderz-Lagerstätten („Schwarze Raucher“) gekennzeichnet. Dabei werden in erheblicher Menge Schwer- bzw. Buntmetalle aus den Hydrothermen am Ozeanboden gefördert. Die rezenten Komplexmassivsulfiderze können erhebliche Anreicherungen an Zink und/oder Kupfer aufweisen, stellenweise auch etwas Blei. Neben häufig hohen Spurengehalten an Silber sind manchmal erhebliche Spurenkonzentrationen an Gold anzutreffen. Zumeist liegt eine komplex zusammengesetzte Erz- bzw. Sulfidparagenese vor, und die Erze lassen einen auffallend porösen, lagigen bis krustig-schaligen sowie zonaren Aufbau erkennen. Charakteristisch sind außerdem massenhaft auftretende Kolloidalgefüge bzw. Geltexturen. Typisch ist ein häufiges Auftreten von Hochtemperatur-Sulfiden (Chalkopyrrhotin, Hochtemperatur-Kupferkies) mit Sulfiden, die Kolloidalgefüge bzw. Geltexturen aufweisen. Die Mineralparagenese belegt meist deutlich, daß sich kein chemisches Gleichgewicht eingestellt hat.

Gebunden an die "Schwarzen Raucher" bzw. an die Austrittsstellen der Hydrothermen am Tiefsee-Ozeanboden des Zentralgrabens ist das Auftreten zahlreicher Organismen und die Bildung charakteristischer Tiefsee-Lebensgemeinschaften (z. B. Meeresborstenwürmer, Muscheln, Schnecken, Krebse, Seepocken, Seegurken, Seeanemonen, Fische), die weltweit bisher unbekannte Arten enthalten. In den Komplexmassivsulfiderzen kommt es sogar rezent zur Fossilisation. Den Beginn der Nahrungskette für die verblüffend reiche Fauna am Tiefseeboden im Bereich der hydrothermalen Quellaustritte und den Komplexmassivsulfiderzen stellen chemoautotrophe, extrem thermophile Archaeobakterien dar.

Die Vorkommen der "Schwarzen Raucher" stellen ein eindrucksvolles Zeugnis rezenter geogener Förderung und Anhäufung von Wertstoffen oder Schadstoffen, je nach Sicht, dar und bilden nicht nur die Lebensgrundlage für heutige hydrothermale Tiefsee-Lebensgemeinschaften, sondern ermöglichen sogar deren rezente Fossilisation. Bergwirtschaftlich kommt den rezenten hydrothermalen Komplexmassivsulfiderzen Bedeutung als wichtige Rohstoffquelle für die Zukunft zu. Überblickt man allgemein vergleichend auf den Kontinenten bekannte syngenetische "fossile" Buntmetall-Lagerstätten, die in einem marinen Milieu zur Bildung gelangten, so ergibt sich, daß diese teilweise durch paragenetische Verhältnisse und Gefüge gekennzeichnet sind, wie sie in den rezenten Komplexmassivsulfiderzen ("Schwarze Raucher") anzutreffen sind. Von dieser Seite aus können vorsichtige Vergleiche zwischen fossilen Erzmineralisationen und den rezenten Komplexmassivsulfiderzen versucht werden.

Summary

The total length of actively spreading ridges, most of which are on the ocean floor, is in fact enormous. They are well-known as centers of ascending magma bodies derived from the mantle and furthermore reveal areas of intense modern hydrothermal activity and complex massive sulfide formation („black smokers“). Moreover, in these regions of the ocean floor the hydrotherms produce considerable amounts of heavy metals and also non-ferrous metals. These complex massive sulfide formations can exhibit extremely high concentrations of zinc and/or copper, in places along with some lead. Furthermore, these mineralizations are characterized frequently by high traces of silver and, in places, by substantial traces of gold. In most cases a complex massive sulfide paragenesis occurs, revealing strikingly porous, layered to crusty-layered, and zonal arrangements. Colloidal and/or gel textures are very typical and widespread. In places, a further characteristic feature of the paragenesis is the close association of high-temperature sulfides (e. g., chalcopyrrhotite, high-temperature chalcopyrite) with sulfides exhibiting colloidal and/or gel textures. In total, the paragenesis of the complex massive sulfide formations usually clearly documents non-equilibrium conditions of mineralization.

A further very impressive characteristic of these modern hydrothermal formations on the deep-sea ocean floor is an abundant and diverse hydrothermal fauna associated with the hydrotherms and related modern metallogenesis. These vent communities consist of polychaetes, mussels, gastropods, barnacles, crustaceans, holothurians, actinians, fish, etc., including new species previously unknown throughout the world. Species of these vent communities can even be found living and fossilized, still within the same active black smoker chimneys, and thus impressively document unique examples of modern fossilization. The nutritional basis for these fantastically abundant vent communities associated with the hydrotherms and black smokers consists of chemoautotrophic and heterotrophic, extremely thermophilic archaeobacteria.

Modern complex massive sulfide formations constitute an impressive document of modern geogenic production and concentration of either economically valuable constituents or hazardous materials, depending on the point of view, representing not only the basis of life for modern vent communities but also an efficient preservation mechanism for their modern fossilization as well. Furthermore, modern complex massive sulfide deposits potentially provide an economically important ore resource for the future. The ore qualities of the modern complex massive sulfide formations are comparable with those of ancient ("fossil") base metal deposits and high grade ores, now found on the continents, but originally formed in a marine environment during preceding geological periods. On this basis, cautious attempts to compare these ancient ("fossil") base metal deposits with modern complex massive sulfide deposits are altogether justified

1. Einführung

In der Erdkruste stellen aktive Spreizungszonen (z. B. divergierende Plattengrenzen, mittelozeanische Rücken, Back-Arc-Spreizungsrücken) Bereiche des Magmenaufstieges aus dem Erdmantel dar und sind stellenweise durch eine intensive hydrothermale Aktivität und Lagerstättenbildung ausgezeichnet. Die gesamte Länge aktiver Spreizungsrücken (vgl. Abb. 1) erstreckt sich auf etwa 65 000 km. Von wenigen Ausnahmen (z. B. St. Andreas-

Graben/Westküste Nordamerikas, Ostafrikanisches Grabensystem, Rotes Meer) abgesehen, finden sich diese fast ausschließlich auf dem Ozeanboden der Tiefsee (z. B. Ostpazifischer Rücken, Galápagos-Rift, Mittelatlantischer Rücken, Manus-Spreizungsrücken) und waren dementsprechend bis vor kurzem einer Untersuchung nicht zugänglich.

Durch die Entdeckung der rezenten hydrothermalen Komplexmassivsulfiderz-Bildung am Ostpazifischen Rücken (vgl. FRAN-

CHETEAU & KOLLEGEN 1978, 1979) begann weltweit eine sehr eingehende lagerstättenkundliche Untersuchung dieses rezenten Erzmineralisations-Typs (vgl. z. B. BARRETT & JAMBOR 1988, BISCHOFF & KOLLEGEN 1983, CORLISS & KOLLEGEN 1979, EDMOND & KOLLEGEN 1982, GOLDFARB & KOLLEGEN 1983, GUNDLACH & KOLLEGEN 1983, HAYMON & KASTNER 1981, HEKINIAN & KOLLEGEN 1978, 1980, MALAHOFF & KOLLEGEN 1983, ORTIZ & TUFAR 1992, RENARD & KOLLEGEN 1985, RONA 1983, 1988, RONA & KOLLEGEN 1983, ROSENBAUER & BISCHOFF 1983, SPIESS & KOLLEGEN 1980, TUFAR 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992 a, 1992 b, 1992 c, 1993, 1994, 1995 a, 1995 b, TUFAR, GUNDLACH & MARCHIG 1984, 1985, TUFAR & JULLMANN 1991, TUFAR & NÄSER 1992, 1993, TUFAR & ORTIZ 1993, TUFAR, TUFAR & LANGE 1986, ZIERENBERG & KOLLEGEN 1984).

Innerhalb der aktuellen geowissenschaftlichen Forschung nimmt die Untersuchung der rezenten hydrothermalen Aktivität und Lagerstättenbildung, nämlich der rezenten Mineralisation von Komplexmassivsulfiderz ("Schwarze Raucher") an divergierenden Plattenrändern (z. B. Ostpazifischer Rücken, Galápagos-Rift, Rotes Meer, Mittelatlantischer Rücken) sowie an Spreizungsrücken in Back-Arc-Becken (z. B. Manus-Becken/Bismarck-See), eine herausragende Stellung ein. Auf dem Ozeanboden der Tiefsee ist die Bildung von Komplexmassivsulfiderz-Lagerstätten (Kupfer, Zink, Silber, Gold etc.) direkt zu beobachten, deren Gehalte auch bergwirtschaftlich von Interesse sein können. Die Platznahme der Sulfide erfolgt sedimentär, die Herkunft der Sulfide bzw. der mineralisierenden Lösungen ist hydrothermalen Ursprungs und hängt mit in der Kruste ablaufenden vulkanischen Prozessen zusammen.

Entlang Störungen, Klüften, Rissen etc. dringt Meerwasser in die neugebildete ozeanische Kruste, gelangt in tiefere Bereiche und wird von Magmenkammern in der Teufe aufgeheizt. Dabei kommt es auch zur Bildung von Konvektionszellen und Konvektionsströmungen. Mit der Aufheizung des bekanntlich leicht al-

kalischen Meerwassers (pH etwa 8) erfolgt dessen chemische Veränderung zur sauren hydrothermalen Lösung (pH um 3). Diese laugt nun im basaltischen Nebengestein bzw. in der ozeanischen Kruste und reichert sich mit SiO_2 , Kalium, Calcium, Schwefelwasserstoff, Eisen, Mangan, Kupfer, Zink, Barium usw. an, aber auch z. B. mit Silber. Bei den Buntmetallen beträgt der Anreicherungsfaktor gegenüber dem normalen Meerwasser bis etwa 10^8 .

An "Leckstellen" (Störungen, Risse, Klüfte etc.) im Ozeanboden des jeweiligen Zentralgrabens treten die unter hohem Druck stehenden, häufig heißhydrothermalen Lösungen mit Austrittstemperaturen bis über 400°C aus, z. B. am Ostpazifischen Rücken bis $380^\circ\text{C} \pm 30^\circ\text{C}$, am Galápagos-Rift mit $7 - 17^\circ\text{C}$, am Manus-Spreizungsrücken bis maximal 275°C .

Am Kontakt mit dem (alkalischen!) Meerwasser verfärbt sich die farblose, klare (saure!) hydrothermale Lösung durch Fällung von feinstverteilten Sulfiden (z. B. Magnetkies, Wurtzit, Kupferkies, Pyrit, Chalkopyrrhotin) dunkel bis schwarz, wovon der treffende Name "Black Smoker" bzw. "Schwarzer Raucher" herrührt. An den Austrittsstellen am Kontakt mit dem Meerwasser werden die schwerlöslichen Sulfide (Fe, Cu, Zn) ausgefällt. Dabei kommt es häufig zur Bildung rasch wachsender, vulkan- bis schlotförmiger Erzkörper ("Schornsteine") sowie auch mehr flächiger Erzkörper und Erzkrusten. Eine Tonne Metall (z. B. Zn, Cu) kann in etwa drei bis sechs Wochen als Sulfid ausgefällt bzw. angereichert werden.

Die Hydrothermen bilden neben den Komplexmassivsulfiderzen außerdem hydrothermales Sediment, das stellenweise den Ozeanboden im jeweiligen Zentralgraben in unterschiedlicher Mächtigkeit bedecken kann.

Wesentliche Voraussetzung für eine Untersuchung des Ozeanbodens der Tiefsee ist ein geeignetes Forschungsschiff. Für die eigenen Forschungsfahrten stand das deutsche Forschungsschiff *Sonne* zur Verfügung. Die *Sonne* (vgl. Abb. 2), ein modernes, leistungsfähiges Forschungsschiff, verfügt über eine ausgezeichnete nautische und wissenschaftliche Aus-

rüstung zur Lösung der lagerstättenkundlichen Problemstellungen. Wesentlich war die Möglichkeit zur direkten Beobachtung ("on line") und Untersuchung des Ozeanbodens der Tiefsee an Bord am Fernseh-Monitor. Dadurch konnte eine detaillierte lagerstättenkundliche Kartierung und Aufnahme sowie eine repräsentative, statistische Beprobung des jeweiligen Untersuchungsgebietes durchgeführt werden. Die Lösung der lagerstättenkundlichen Aufgabenstellung erforderte größte Präzision und Erfahrung auch bei der Navigation, da fast alle der verwendeten, speziell für den Einsatz in der Tiefsee entwickelten Geräte vom Forschungsschiff *Sonne* über ein mehrere Kilometer langes Kabel direkt über den Ozeanboden der Tiefsee geschleppt und manövriert wurden. Dieses Kabel diente gleichzeitig der Bild- bzw. Datenübertragung. Neben einem Tiefseekartierungs-Fächerlotsystem (SeaBeam) wurden vor allem Fernseh-Schlitten (OFOS bzw. Kompakt-OFOS - *Ocean Floor Observation System*, vgl. Abb. 3) sowie Fernseh-Greifer (GTVA, GTVD, vgl. Abb. 4) eingesetzt, daneben ein Kranzwasserschöpfer mit Multisonde (vgl. Abb. 5) sowie Kettensack-Dredschen (vgl. Abb. 6). Die exakte Positionierung der tiefgeschleppten Geräte (Fernseh-Schlitten, Fernseh-Greifer, Kettensack-Dredschen), ebenso die des Kranzwasserschöpfers mit Multisonde, ermöglichten Positionierungssender (Transponder, vgl. Abb. 7). Diese wurden für den Zeitraum der Arbeiten im Untersuchungsgebiet ausgesetzt, am Tiefseeboden verankert und nach Beendigung wieder eingeholt.

2. Ostpazifischer Rücken

Durch seine Vorkommen von rezenten Komplexmassivsulfiderzen (z. B. 21° 30' S, 13° N, 21° N) stellt der Ostpazifische Rücken (vgl. Abb. 1, 8) ein sehr eindrucksvolles Beispiel der rezenten hydrothermalen Lagerstättenbildung an aktiven Spreizungsrücken bzw. an aktiv divergierenden Plattenrändern dar.

Der Ostpazifische Rücken markiert in der ozeanischen Kruste einen Bereich aktiv divergierender Plattenränder. Die Spreizungsrate (Divergenzrate) kann von 6 cm pro Jahr im N

bis zu 18 cm pro Jahr im S betragen. Die extrem hohe Spreizungsrate von circa 18 cm pro Jahr kennzeichnet das Untersuchungsgebiet bei 21° 30' S.

Mit der Forschungsfahrt OLGA I (Ozeanische Lagerstätten: Geologisch-Mineralogische Analyse) am Ostpazifischen Rücken bei 21° 30' S, zwischen Pazifischer Platte im W und Nazca-Platte im E (vgl. Abb. 1, 8), gelang es erstmals, eine detaillierte lagerstättenkundliche Aufnahme eines zusammenhängenden Vorkommens rezenter hydrothermalen Komplexmassivsulfiderze (Schwarze Raucher) an divergierenden Plattenrändern durchzuführen und repräsentativ zu beproben (vgl. z. B. TUFAR 1992 a, 1995 a, TUFAR & NÄSER 1993). Eine Lagerstätte konnte im Zentralgraben des Ostpazifischen Rückens in einer Wassertiefe von knapp 3000 m zwischen 21° 23,7' S, 114° 16,0' W und 21° 29,2' S, 114° 17,5' W auf mindestens 11 km streichender Länge nachgewiesen werden (vgl. Abb. 9 - 10). Die Lagerstätte setzt sich nach Norden und Süden fort.

Das Nebengestein der Komplexmassivsulfiderz-Lagerstätte im Zentralgraben des Ostpazifischen Rückens bei 21° 30' S besteht aus Basaltlava. Es tritt praktisch nur schwach fraktionierter Tiefsee-Basalt (MORB: *Mittel-ozeanischer Rücken-Basalt*) mit tholeiitischer Zusammensetzung (Tiefsee-Tholeiit) auf. (vgl. Tabelle 1) Äußerst selten kann Eisen-Titan-Basalt angetroffen werden. Der morphologischen Ausbildung nach liegen sowohl Schichtlava bzw. Fladenlava i. w. S. (z. B. Stricklava, Pahoehoe, plattige Lava, lappige Lava, vgl. Abb. 11 - 15, 34), als auch reichlich Kissenlava (Pillowlava, vgl. Abb. 15 - 16) verschiedenen Typs vor. Letztere tritt mehr seitlich auf, in den östlichen und westlichen Zonen gegen die Randwälle, nicht jedoch im Bereich der Komplexmassivsulfid-Erzmineralisationen. In Bereichen mit Schichtlava sind häufig Einbruchsstrukturen mit typischen Lavatunnels (vgl. Abb. 11) zu beobachten, wie sie auf dem Festland (z. B. Hawaii, Island) bekannt sind.

Die Höhe der schornsteinförmigen Erzkörper ist unterschiedlich und kann bis 20 - 30 m be-

tragen, außerdem treten häufig flächenbedeckende bis hügelartige Erzkrusten und Erzkörper auf (vgl. Abb. 17 - 21, 41 - 42). Die räumliche Anordnung der Komplexmassivsulfiderze wird tektonisch kontrolliert, vor allem durch grabenparallele Blockversätze, daneben durch (sub-) senkrecht dazu verlaufende Störungen ("Transform-Störungen"). Im untersuchten Bereich der Lagerstätte zeigt sich eine ausgeprägte Inhomogenität ("Anisotropie") sowohl hinsichtlich der Erzvorräte, als auch der Erzgehalte.

Eine deutliche Zonierung liegt sowohl in einzelnen Erzkörpern (vgl. Abb. 21) als auch in der gesamten Lagerstätte vor. Der zonare Aufbau der Erzkörper bedingt eine starke Variation in der chemischen und in der mineralogischen Zusammensetzung.

Die Hauptgemengteile zeigen, auch als Folge einer zonaren Anordnung, erhebliche Unterschiede in den jeweiligen Mengenverhältnissen und daraus resultierend, starke Schwankungen der Hauptbestandteile Eisen, Kupfer, Zink und Silicium, mit stellenweise sehr hohen Konzentrationen an Zink (max. 32,67 %) und/oder Kupfer (max. 20,30 %) (vgl. Tabelle 2).

Auffallend ist eine fast vollständige Abwesenheit von Blei bzw. von Bleimineralien. Diese erklärt sich aus dem geringen Blei-Angebot der ozeanischen Kruste in diesem Bereich des Ostpazifischen Rückens für die laugenden hydrothermalen Lösungen.

Die rezenten Massivsulfiderze weisen eine komplex zusammengesetzte Erz- bzw. Sulfidparagenese auf, Gangart liegt teilweise nur in geringeren Gehalten vor. Die Paragenese setzt sich vor allem aus Pyrit (vgl. Abb. 22 - 27, 30), Melnikovitpyrit (vgl. Abb. 23, 25), Zwischenprodukt (vgl. Abb. 23), Markasit (vgl. Abb. 23, 25 - 27, 30), Zinkblende (vgl. Abb. 25 - 28), Wurtzit (vgl. Abb. 27, 29), Schalenblende (vgl. Abb. 22 - 26), Kupferkies (vgl. Abb. 24, 26, 28 - 30) und Gangart (vorherrschend Opal - vgl. Abb. 19, 22 - 30, stellenweise Anhydrit) zusammen. Gelegentlich tritt etwas Hämatit auf, Magnetit oder Bleiglanz sind nur örtlich und in Spuren anzutreffen.

Häufig weisen die Zinksulfide Wurtzit, Zinkblende und Schalenblende einen deutlichen bis extremen Zonarbau (vgl. Abb. 22, 25, 28 - 29) auf, hervorgerufen durch einen Einbau von Eisen, wobei die Substitution von Zn durch Fe in den Zinksulfiden bis ca. 20 Gew.-% betragen kann. Dementsprechend liegt neben normaler Zinkblende stellenweise sogar Marmatit bzw. Christophit vor.

Stellenweise liegen Sulfide (z. B. Wurtzit, Kupferkies, Pyrit) in prächtiger idiomorpher Ausbildung und einer für diese Paragenese extremen Größe von mehreren Millimetern vor.

Kennzeichnend für die Paragenese sind außerdem die Hochtemperatur-Sulfide Chalkopyrrhotin („Isocubanit“, vgl. Abb. 22, 24 - 26, 28) und Hochtemperatur-Kupferkies (vgl. Abb. 30). Die Bildungstemperatur von Chalkopyrrhotin beträgt etwa 350 °C, während Hochtemperatur-Kupferkies für seine Bildung Temperaturen von mindestens circa 550 °C voraussetzt.

Chalkopyrrhotin tritt in eigenen Kristallaggregaten auf oder liegt häufig als Entmischung in Kupferkies vor, weist jetzt das Verhältnis $\text{CuFeS}_2 : \text{FeS} = 1 : 1$ auf und entspricht somit der Formel CuFeS_3 . Röntgenographisch konnte für Chalkopyrrhotin die Gitterkonstante $a_0 = 5,2876 \pm 25 \text{ \AA}$ ermittelt werden. Demgegenüber war, wie sich aus der beträchtlichen Variation im Verhältnis der Entmischungen von Chalkopyrrhotin in Kupferkies bis Kupferkies in Chalkopyrrhotin ersehen läßt, der ursprünglich gebildete Chalkopyrrhotin kupferreicher.

Die Komplexmassivsulfiderze lassen einen auffallend porösen, lagigen bis krustig-schaligen Aufbau erkennen. Ein weiteres paragenetisches Merkmal sind massenhaft auftretende rhythmische Fällungen mit häufig komplex zusammengesetzten Abfolgen bzw. kolloidale Massen (vgl. Abb. 22 - 23, 25 - 27), mit denen sich sogar das Hochtemperatur-Sulfid Chalkopyrrhotin findet (vgl. Abb. 22, 24 - 26).

Hochtemperierte Bildungen liegen in den kupferreichen wie in den zinkreichen Komplex-

massivsulfiderzen vor. Typisch ist das Auftreten von Hochtemperatur-Sulfiden (Chalkopyrrhotin, Hochtemperatur-Kupferkies) mit Sulfiden, die Kolloidalgefüge bzw. Geltexturen aufweisen, wie sie für niedrig temperierte Bildungen charakteristisch sind. Die Mineralparagenese belegt, daß sich kein chemisches Gleichgewicht eingestellt hat.

Neben hohen Spurengehalten an Silber (stellenweise mehrere Hundert g/t) findet sich außerdem etwas Gold (0,3 - 7,9 g/t) (vgl. Tabelle 3). Hauptsilberträger sind die Zinksulfide (max. 412 g/t Ag), darüber hinaus enthalten auch Kupferkies sowie Chalkopyrrhotin etwas Silber.

Im Zentralgraben, somit im jüngsten Teil des Pazifiks, ist auf Grund der geringen Sedimentationsrate nicht damit zu rechnen, Bedeckung mit normalem Sediment vorzufinden. Nur gelegentlich ist ein wenig Sediment anzutreffen (vgl. Abb. 14 - 16). Im Bereich der Komplexmassivsulfiderze zeigt sich jedoch, öfters plötzlich einsetzend, vermehrt Sediment (vgl. Tabelle 4, Abb. 17 - 18, 31 - 32, 34, 37, 39 - 42). Dieses ist jedoch hydrothermalen Ursprungs, zeigt dementsprechend hydrothermale Fällungen und ist fast durchwegs röntgenamorph. Es enthält wechselnde Gehalte an Eisenhydroxid, röntgenamorpher Kieselsäure (Opal-Gangart) und ein wenig Manganhydroxid, wobei Eisenhydroxid mit steigender Entfernung von den Sulfidvererzungen zuzunehmen scheint. Neben Opal-Gangart und Limonit können sich geringe Mengen an Erz bzw. Bruchstücke von Komplexmassivsulfiderz im hydrothermalen Sediment finden bzw. in diesem eingebettet liegen. Hydrothermale Mineralbildungen mit zweiwertigem Eisen (Grünfärbung!) zeigen außerdem stellenweise vorliegende reduzierende Bedingungen an. Nontronit ließ sich im zumeist röntgenamorphen Probenmaterial häufig ebenfalls nur schwer nachweisen, obwohl er in Hydrothermalfeldern gelegentlich größere Flächen bedecken kann (vgl. Abb. 31). Gelegentlich finden sich hydrothermale Fällungen von Manganhydroxid als Überzüge auf hydrothermale Sediment (vgl. Abb. 32) sowie auf Basalt (vgl. Abb. 12).

Gebunden an die Komplexmassivsulfiderze (Schwarzen Raucher) bzw. an die hydrothermalen Quellaustritte am Tiefsee-Ozeanboden sind das Auftreten zahlreicher Organismen und die Bildung charakteristischer Tiefsee-Lebensgemeinschaften. Diese hydrothermale Fauna (vgl. Tabelle 5 a, Abb. 11, 13, 15 - 21, 32 - 46) besteht aus Seeanemonen (Anthozoen, vgl. Abb. 11, 13, 15, 18, 31, 35, 37 - 39, 41; Aktinien, vgl. Abb. 17 a, 42), Schirmquallen (Scyphozoen, vgl. Abb. 34), Seegurken (Holothurien, vgl. Abb. 18, 31), Meeresborstenwürmern (Polychaeten, z. B. *Alvinella pompejana* DESBRUYÈRES & LAUBIER 1980, *Alvinella caudata* DESBRUYÈRES & LAUBIER 1986, *Nereis sandersi* BLAKE, 1985, *Thermiphione tufari* HARTMANN-SCHRÖDER 1992, n. gen. et n. spec.; vgl. Abb. 17 - 21, 41 - 44), Eichelwürmer (Enteropneusta, vgl. Abb. 33), diversen Crustaceen wie blinden Krabben (Bythograeidae, vgl. Abb. 35, 46), anomuren Krebsen (Galatheidae, vgl. Abb. 35, 38 - 39, 41), Entenmuscheln (Cirripedier: Lepadomorpha), Seelilien (Crinoiden, vgl. Abb. 13, 17, 37, 42) und Garnelen (vgl. Abb. 14), Tiefsee-Miesmuscheln (Mytilidae, vgl. Abb. 38 - 40, 45), Schnecken (Archaeogastropoden, vgl. Abb. 44; Neogastropoden, vgl. Abb. 45), Fischen (vgl. Abb. 13, 16, 18, 32, 35) usw. Einen Überblick über die Polychaetenfauna gibt HARTMANN-SCHRÖDER (1992).

Röhren von Polychaeten sind in den Komplexmassivsulfiderzen, sowohl in Cu-reichen, als auch Zn-reichen Sulfid-Schornsteinen, fast stets eingebettet anzutreffen und werden darin sogar rezent fossilisiert (vgl. Abb. 17 - 21, 41 - 43).

Am Beginn der Nahrungskette für die verblüffend reiche Fauna im Bereich der hydrothermalen Quellaustritte am Tiefseeboden stehen chemoautotrophe, z. T. extrem thermophile Archaeobakterien. Sie konnten aus Komplexmassivsulfiderz-Proben isoliert und kultiviert werden (vgl. Tabelle 5 b). Ein Organismus zeigt Verwandtschaft mit *Thermococcus celer*, ein weiterer mit *Pyrodictium occultum*. Letzterer weist als Obergrenze der Wachstumstemperatur 110 °C auf.

In der Wassersäule wird eine Schichtung auch durch wechselnde Gehalte an ^{18}O belegt. Spuren an ^2H sind anzutreffen, außerdem sind im obersten Bereich geringe Konzentrationen an ^3H nachzuweisen. Die Gehalte an Seltenerd-Elementen (SEE) liegen in den Wasserproben im Bereich von 0,5 - 10 $\mu\text{Mol kg}^{-1}$. Die leichten SEE weisen eine Sorption an Schwebstoffe auf.

3. Galápagos-Rift

Die Komplexmassivsulfiderze im östlichen Teil des Galápagos-Riftes bei $0^\circ 45' \text{ N } 85^\circ 51' \text{ W}$ und $0^\circ 46' \text{ N } 85^\circ 55' \text{ W}$ sind ebenfalls durch einen porösen, lagig bis krustig-schaligen Aufbau gekennzeichnet und weisen gleichfalls charakteristische Kolloidalgefüge bzw. Geltexturen auf (vgl. z. B. TUFAR 1988, 1989, 1991, 1995 a, TUFAR, TUFAR & LANGE 1986). Stellenweise liegen Organismenreste (z. B. Polychaeten-Röhren), eingebettet in Erz, vor. Die Zusammensetzung der jeweiligen massiven Sulfiderze schwankt erheblich und reicht von praktisch nur aus Eisensulfid (Pyrit, Melnikovitpyrit, Markasit) bestehenden Bildungen bis zu solchen, die reich an Kupfersulfid (Kupferkies) und/oder Zinksulfid (Zinkblende, Wurtzit, Schalenblende) sind. Die Durchschnittsgehalte verschiedener Erzkörper betragen zwischen 0,34 % - 11,40 % Cu und 0,26 % - 26,90 % Zn (vgl. Tabelle 6). Das Hochtemperatur-Sulfid Chalkopyrrhotin tritt, im Gegensatz zu den Komplexmassivsulfiderzen vom Ostpazifischen Rücken, nur sehr untergeordnet auf. Sofern Bleiglanz überhaupt anzutreffen ist, liegt er wieder nur in Spuren vor. Gangart wird vorherrschend von röntgenamorpher Kieselsäure (Opal) gebildet, daneben kann etwas Anhydrit oder Baryt auftreten.

Die Komplexmassivsulfiderze weisen nur geringe Spurengehalte an Gold auf, jedoch teilweise höhere Spurenkonzentrationen an Silber (vgl. Tabelle 6). Als Silberträger treten wieder vor allem die Zinksulfide auf.

Neben den Komplexmassivsulfiderzen konnten als weitere und neue Typen hydrothermaler

Bildungen Mineralisationen nachgewiesen werden, die vorherrschend entweder aus Manganhydroxid, aus Limonit oder aus eisenreichem Montmorillonit (Fe-reicher "Proto-smektit") mit Limonit und röntgenamorphem SiO_2 (Opal) bestehen.

Hydrothermal umgebildeter Basalt (Tholeiit) kann stellenweise durch eine reichliche Sulfidführung (vor allem Pyrit) ausgezeichnet sein, wobei gelegentlich auch Eisenglanz beibringt.

Das vorherrschend hydrothermale Sediment aus der Nachbarschaft der Schwarzen Raucher enthält öfters zahlreiche Bruchstücke des Komplexmassivsulfiderzes. Diese Sulfiderz-Bruchstücke zeigen häufig mit zunehmender Entfernung von den Schwarzen Rauchern starke bis völlige Verdrängung und Pseudomorphosierung durch Limonit. Die in diesem Lockersediment vorliegenden rezente Mikroorganismen zeigen ebenfalls häufig Verdrängung und Pseudomorphosierung durch Limonit. Im Lockersediment treten stellenweise außerdem Ausscheidungen von Manganhydroxid hydrothermalen Herkunft auf.

4. Rotes Meer

Im Roten Meer (vgl. z. B. DEGENS & ROSS 1969) finden sich eine Reihe von Hydrothermalaugen-Becken (z. B. Shaban-Tief, Kebrit-Tief, Nereus-Tief, Valdivia-Tief, Atlantis II-Tief, Suakin-Tief), die sich durch sehr feinkörnige, geschichtete bis lamellierte, unterschiedliche Erzschlämme, z. B. oxidischer, sulfidischer, sulfatischer, karbonatischer und silikatischer Zusammensetzung, auszeichnen können. Am bekanntesten ist das Atlantis II-Tief, in dem gemischt oxidisch-sulfidische Erzschlämme bei einer Mächtigkeit bis etwa 25 m, im Durchschnitt von 10 - 11 m, eine circa 60 km^2 große Lagerstätte bedecken.

Neben den Erzschlämmen tritt im Roten Meer auch Massivsulfiderz auf (vgl. z. B. PUCHELT 1984, TUFAR 1991, 1995 a). Deutlich verschieden von den Komplexmassivsulfiderzen vom Ostpazifischen Rücken und vom Galápagos-Rift ist das massive Sulfiderz vom Kebrit-Tief aus dem nördlichen Teil des Roten Mee-

res bei 24° 43,2' N, 36° 16,2' E und macht auf genetische Unterschiede aufmerksam (vgl. TUFAR 1991, 1995 a).

Dieses Massivsulfiderz (vgl. Tabelle 7) fällt durch beibrechenden Bleiglanz auf. Es liegt eine Paragenese vor, die öfters nur aus drei Sulfiden (Pyrit, Schalenblende, Bleiglanz) besteht und eine entsprechende chemische Zusammensetzung aufweist (max. 24,21 % Zn, 0,24 % Pb, 0,56 % Cu). Das Massivsulfiderz enthält gelegentlich Einschlüsse von Mikrofossilien (Foraminiferen, Diatomeen) und läßt stellenweise Auswirkungen einer Diagenese ersehen.

Deutliche Hinweise auf einen Einfluß kontinentaler Kruste für die laugenden hydrothermalen Lösungen gibt der stellenweise beibrechende Bleiglanz.

Vor drei Jahrzehnten gelangte das Rote Meer mit seinen Hydrothermallaugen-Becken durch die Fahrten der Forschungsschiffe *Discovery*, *Atlantis II* und *Chain* schlagartig in den Blickpunkt des wissenschaftlichen Interesses. Dennoch sollte nicht ganz vergessen werden, daß es bereits eine österreichische Forschungsfahrt unter NATTERER (1899, 1901) mit *SMS Pola* zu Ende des vorigen Jahrhunderts war, die zum ersten Mal einen Erzschlamm aus dem Zentralgraben des Roten Meeres geborgen hat. Der Analyse ist zu entnehmen, daß es sich bei diesem um einen oxidischen Erzschlamm handelte.

5. Bismarck-See

Der Nachweis einer rezenten, aktiven hydrothermalen Komplexmassivsulfid-Vererzung in der Bismarck-See (Papua-Neuguinea, vgl. Abb. 1, 47) im Westpazifik wurde durch die Forschungsfahrt OLGA II im Manus-Becken erbracht (vgl. z. B. TUFAR 1990, 1992 c, 1994, 1995 b, TUFAR & JULLMANN 1991, TUFAR & NÄSER 1992). Dieses liegt in Back-Arc-Position zum Neubritannien-Graben und zeigt eine Divergenzrate von mehr als 100 mm pro Jahr. Aus plattentektonischer Sicht bedingt die Unterschiebung der Salomonen-Platte unter die Bismarck-Platte entlang des Lineaments

des Neubritannien-Grabens Dehnungsbewegungen im Bereich des Spreizungsrückens im Manus-Becken.

Auffällig ist die im Streichen des Spreizungsrückens stark wechselnde Morphologie (vgl. Abb. 48 - 51). Während im Nordosten ein ausgeprägter Zentralgraben vorliegt, verflacht der Spreizungsrücken gegen Südosten zunehmend und geht dann schließlich in einen grabenlosen Rücken über. Als eine weitere Besonderheit konnte dort bei 3° 31,9' S, 149° 52,4' E, ein ausgedehnter submariner Vulkankegel ("Seamount") entdeckt werden (vgl. Abb. 48).

Im Nordosten ist häufig Tiefsee-Tholeiit (MORB) anzutreffen, außerdem tritt *Back-Arc-Becken-Basalt* (BABB) auf (vgl. Tabelle 7). Weit verbreitet ist homogene, massige, dichte, meist glasige Kissenlava (Pillowlava, vgl. Abb. 52 - 53, 55 - 58, 68 - 70, 89 - 90, 99 - 100), die öfters geriefte Oberflächen aufweist (vgl. Abb. 52 b). Dagegen untergeordnet tritt im nordöstlichen Bereich, vorzugsweise bei mäßigem Relief, Schichtlava bzw. Fladenlava i. w. S. (z. B. Stricklava, Pahoehoe, plattige Lava, lappige Lava) auf. Diese Lavatypen sowie Lavaströme und Lavatunnel zeigt dagegen der südwestliche Bereich häufiger (vgl. Abb. 54 - 55). Letztere weisen öfters Einbruchstrukturen auf (vgl. Abb. 55).

Neben einer Reihe von rezenten hydrothermalen Anomalien, die auch durch Methan-Anomalien abgebildet werden, konnten vier größere Hydrothermalfelder am Spreizungsrücken des Manus-Beckens entdeckt werden (vgl. Abb. 48 - 49). Die Untersuchungen belegen eine Mindesterstreckung der mineralisierten Zone von Hydrothermalfeld 3 im Nordosten (3° 6,67' S, 150° 21,75' E) über Hydrothermalfeld 2 und Hydrothermalfeld 1 "Wienerwald" bis Hydrothermalfeld 4 im Südwesten bei 3° 22,18' S, 150° 2,24' E.

Eine besondere Bedeutung kommt dem Hydrothermalfeld 1 „Wienerwald“ (vgl. Abb. 48 - 50) mit seinen Schwarzen Rauchern (vgl. Abb. 56 - 67) zu. Die dort im Bereich der Austrittsstellen der Hydrothermen gebildeten Komplexmassivsulfiderz-Schornsteine bzw.

Erzkörper weisen häufig mehrere Zufuhrkanäle mit zonarem Aufbau der Erzmineralisation auf. Die Komplexmassivsulfiderz-Schornsteine treten öfters in Gruppen auf und finden sich bevorzugt auf Kissenlava (vgl. Abb. 56 - 58), können aber sogar auf älteren, umgestürzten und zerbrochenen Schwarzen Rauchern stehen (vgl. Abb. 63). Stellenweise kommt es zur Ausbildung von sehr hohen, sogar riesigen Komplexmassivsulfiderz-Schornsteinen, die über 20 bis 30 Meter Höhe bei entsprechenden Durchmesser erreichen können. Neben den Komplexmassivsulfiderz-Schornsteinen (Schwarze Raucher) wurden außerdem „Weiße Raucher“ vorgefunden. Diese bestehen vorwiegend aus Anhydrit und Opal, können aber stellenweise auch reichlich Baryt enthalten.

Besonders deutlich ausgebildet sind in Hydrothermalfeld 1 "Wienerwald" Übergänge von hydrothermal umgewandeltem und mineralisiertem Nebengestein (Tholeiit bzw. Kissenlava) zu Sulfid- bzw. Stockwerk-Vererzungen (vgl. Abb. 67) im zerklüfteten, brecciierten basaltischen Nebengestein, wobei diese Erzmineralisationen in Komplexmassivsulfid-Schornsteine oder -Krusten übergehen können.

Hinsichtlich Form, Aufbau und Auftreten der Komplexmassivsulfid-Erzkörper durchaus vergleichbar ist das etwas kleinere Hydrothermalfeld 2 (vgl. Abb. 48 - 50, 68), das aber bereits inaktiv ist.

Hydrothermalfeld 3 (vgl. Abb. 48 - 49, 51, 69 - 70) ist dagegen wieder aktiv, erstreckt sich im Streichen des Spreizungsrückens in NE-SW-Richtung und ist neben kleineren Komplexmassivsulfiderz-Schornsteinen öfters durch flächenbedeckende bis hügelartige Hydrothermalprodukte (z. B. Nontronit, Eisen-, Manganhydroxid) gekennzeichnet (vgl. Abb. 73).

Ebenfalls aktiv ist Hydrothermalfeld 4 (vgl. Abb. 48, 71 - 72, 99 - 100). Die dort am Tiefseeboden im Zentralgraben austretenden hydrothermalen Lösungen verfärben sich am Kontakt mit dem Meerwasser milchig, und es kommt zur Bildung von „Weißen Rauchern“ (vgl. Abb. 71 - 72).

Die Sedimente entlang des Spreizungsrückens im Manus-Becken sind aus wechselnden Anteilen hydrothermalen sowie detritärer und biogener Herkunft zusammengesetzt. Hydrothermales Sediment (vgl. Abb. 54, 56 - 58, 68, 73, 89, 99; Tabelle 9), auch in größeren Anreicherungen (vgl. Abb. 73), ist an die Austrittsstellen der Hydrothermen gebunden und findet sich noch in einiger Entfernung davon. Besonders Hydrothermalfeld 3, daneben auch Hydrothermalfeld 4, weisen stellenweise erhebliche Gehalte an hydrothermale Sediment auf, während hydrothermales Sediment in Hydrothermalfeld 1 "Wienerwald" und Hydrothermalfeld 2 zurücktreten kann. Das hydrothermale Sediment enthält wechselnde Gehalte an Eisenhydroxid und röntgenamorphem SiO_2 (Opal-Gangart) sowie Nontronit etc., wobei das Eisenhydroxid mit steigender Entfernung von den Sulfidvererzungen zuzunehmen scheint. Nichtsulfidische, flächenbedeckende bis hügelartige und gelegentlich sogar schornsteinförmige hydrothermale (Erz-) Mineralisationen (vgl. Abb. 73) finden sich stellenweise vornehmlich in Hydrothermalfeld 3, sind aber auch in Hydrothermalfeld 1 "Wienerwald" anzutreffen. Häufig weisen die betreffenden hydrothermalen Mineralisationen noch einen schwarzen Überzug bis Anflug von Manganhydroxid auf (vgl. Abb. 73), wie er ähnlich auch am Ostpazifischen Rücken bei $21^\circ 30' \text{ S}$ zu beobachten ist.

Sehr hohe Buntmetallkonzentrationen (vgl. Tabelle 10) kennzeichnen die Komplexmassivsulfid-Schornsteine in Hydrothermalfeld 1 "Wienerwald" (vgl. Abb. 56 - 67), die stellenweise über 20 m bis 30 m Höhe erreichen. Sie zeichnen sich durch ein Vorherrschen der Zinksulfide aus, die Durchschnittswerte von 30 % bis 40 % erreichen. Eisensulfide sind mit 20 % - 30 % beteiligt, außerdem können noch erhebliche Gehalte an Kupfersulfid hinzutreten (bis 5 %, durchschnittlich 2 % oder etwas darunter). Stellenweise liegen bemerkenswerte Bleigehalte vor (bis 2,5 %).

In der Paragenese herrschen meist Wurtzit (vgl. Abb. 67, 74 - 81, 86), Zinkblende (vgl. Abb. 67, 75 - 77, 80 - 81, 83) und Schalenblende (vgl. Abb. 74, 76 - 77) vor, daneben

Pyrit (vgl. Abb. 66 b, 74, 76 - 78, 83 - 87), Melnikovitpyrit, Markasit (vgl. Abb. 74 - 75, 84) und stellenweise Kupferkies (vgl. Abb. 66 b, 75 - 76, 78 - 81, 83, 86, 98). Bleiglanz (vgl. Abb. 74, 81 - 82, 86 - 87) tritt gelegentlich als akzessorische Phase, manchmal als Nebengemengteil und stellenweise sogar als Hauptgemengteil hinzu. Hin und wieder ist sogar das Bleioxid Plattnerit als primäre akzessorische Phase anzutreffen (vgl. Abb. 82).

Nur als ausgesprochene Seltenheit konnte das Hochtemperatur-Sulfid Chalkopyrrhotin (vgl. Abb. 79, 83) nachgewiesen werden, obwohl dieser in derartigen Erzmineralisationen durchaus verbreitet sein kann. Daraus kann abgeschätzt werden, daß die (Austritts-) Temperaturen mineralisierender Lösungen in den betreffenden Bildungen 300 °C bis 350 °C bzw. die für eine Bildung von Chalkopyrrhotin notwendige Temperatur meist nicht erreicht haben. Dieses wichtige Ergebnis wird durch die gemessenen Austritts-Temperaturen von hydrothermalen Lösungen bestätigt, die maximal Werte um 275 °C ergaben.

Akzessorisch können u. a. auch Realgar und Auripigment auftreten.

Die komplexe Massivsulfid-Paragenese wird durch unterschiedliche Gehalte an Gangart ergänzt. Diese besteht vor allem aus röntgenamorphem SiO₂ bzw. Opal (vgl. Abb. 52 b, 56, 73, 75 - 87), daneben aus Baryt (vgl. Abb. 52 b, 56, 84) sowie gelegentlich aus Anhydrit (vgl. Abb. 52 b, 56). Gelegentlich tritt außerdem elementarer Schwefel auf.

Typisch für die Komplexmassivsulfiderze sind stellenweise reichlich auftretende rhythmische Fällungen mit komplex zusammengesetzten Abfolgen bzw. kolloidale Massen, wie sie ansonsten für niedrig temperierte Bildungen typisch sind. Wie diese Mineralparagenese ebenfalls zeigt, hat sich kein chemisches Gleichgewicht eingestellt.

Kennzeichnend sind außerdem höhere Spurengehalte von Silber (max. 1036 g/t) und stellenweise sehr hohe Spurenkonzentrationen an Gold (max. 1,53 oz/t bzw. 52,5 g/t) (vgl. Ta-

belle 11). Hauptsilberträger stellen einerseits die Zinksulfide dar, andererseits finden sich höhere Silbergehalte mit Bleiglanz. Gold ist im Komplexmassivsulfiderz auch in gediegener Form zu beobachten (vgl. Abb. 86 - 87). Davon deutlich zu unterscheiden ist das Auftreten von gediegenem Gold, das sogar als Gemengteil einer primären Sulfid-Paragenese in Basalt nachgewiesen werden konnte (vgl. Abb. 88). Diese setzt sich vor allem aus Kupferkies und Magnetkies zusammen.

Die rezente hydrothermale Aktivität zeichnet sich überaus eindrucksvoll nicht nur durch die Bildung einer Komplexmassivsulfiderz-Mineralisation (Schwarze Raucher) aus, sondern auch durch die Ermöglichung von Leben.

Nähert man sich Hydrothermalfeld 1 „Wienerwald“, aber auch Hydrothermalfeld 2 und Hydrothermalfeld 3, so kann stellenweise, meist in mehr randlichen Bereichen dieser Hydrothermalfelder, plötzlich ein gehäuftes Auftreten von Organismen, vor allem von Tiefseekorallen, großen Schwämmen und sessilen Staatsqualen, beobachtet werden (vgl. Abb. 89 - 90).

Direkt geknüpft an die Hydrothermen-Austritte und an die Komplexmassivsulfid-Schornsteine ist, wie besonders schön Hydrothermalfeld 1 "Wienerwald" ersehen läßt, eine charakteristische individuenreiche Hydrothermalfauna (vgl. Tabelle 12, Abb. 52 b, 56 - 63, 65 - 66, 90 - 96) mit vorherrschend Schnecken (Mesogastropoda, vgl. Abb. 56 - 63, 65, 91 - 92, Archaeogastropoda, vgl. Abb. 91, 93), Seepocken (Cirripedia, vgl. Abb. 59 - 61, 65 - 66), anomuren Krebsen bzw. Springkrebse (Galatheididae, vgl. Abb. 52 b, 56 - 58, 60, 63, 90), blinden Krabben (Bythograeidae, vgl. Abb. 61, 63, 65, 95), Garnelen (Bresiliidae), außerdem sessilen Seegurken (Holothurioidea, vgl. Abb. 57 - 61, 63, 89), Meeresborstenwürmern (Polychaeta, vgl. Abb. 96), Seeanemonen (Anthozoa, Actinia, vgl. Abb. 90), Fischen (vgl. Abb. 57) und anderen. Diese Fauna enthält weltweit bisher unbekannt neue Arten (z. B. Mesogastropoda: *Olgacocha tufari* L. A. BECK, 1991 n. gen. et n. spec., vgl. Abb. 59 - 62, 63, 91, Archaeo-

gastropoda: *Symmetromphalus hageni* L. A. BECK, 1992 n. spec., vgl. Abb. 93, *Olgasolaris tollmanni* L. A. BECK, 1992 n. gen. et n. spec., vgl. Abb. 91, *Shinkailepas tufari* L. A. BECK, 1992 n. spec., *Lepetodrilus schrolli* L. A. BECK, 1993 n. spec.). Eingehende systematische Untersuchungen dieser speziellen und neuen Hydrothermalfauna mit Erstbeschreibungen gibt BECK (1991, 1992 a, 1992 b, 1993, 1994).

Häufig weisen aktive Komplexmassivsulfid-Schornsteine einen dichten Besatz aus vorherrschend Mesogastropoden, begleitet von Seepocken, Crustaceen und Holothurien usw. auf (vgl. Abb. 59 - 62, 65 - 66). Dieser dichte Besatz von Organismen um die aktiven Schwarzen Raucher wird von nur schwach gefärbter bis farbloser hydrothermaler Lösung mit Temperaturen zwischen 20 °C bis 30 °C und darüber durchströmt, während obendrein in engster Nachbarschaft im selben Schwarzen Raucher aus Zufuhrkanälen hydrothermale Lösung mit Austrittstemperaturen bis um 275 °C auströmt, die sich am Kontakt mit dem Meerwasser (Temperaturen etwas unterhalb 3 °C) durch Sulfidfällung dunkel verfärbt.

Als eine weitere Besonderheit kommt es im Komplexmassivsulfidzonen sogar zur rezenten Fossilisation (vgl. Abb. 84 - 85, 97 - 98), z. B. der schwarzen Schnecke *Olgaconcha tufari* L. A. BECK, 1991 n. gen. et n. spec.

Äußerst bemerkenswert ist außerdem, daß die aus der Tiefsee aus dem Besatz von Schwarzen Rauchern geborgenen Schnecken (schwarze Schnecke *Olgaconcha tufari* L. A. BECK, 1991 n. gen. et n. spec., „behaarte“ Schnecke *Alviniconcha* cf. *hessleri* OKUTANI & OHTA, 1988 - bei der „Behaarung“ handelt es sich eigentlich um Periostracum-Borsten) sowie bestimmte Krabben (*Bythograeidae*: *Austino-graea alayseae* GUINOT, 1989) trotz des enormen Druckunterschiedes von etwa 250 Bar (!) noch zwei Wochen an Bord von FS *Sonne* bei normalem Atmosphärendruck lebten (vgl. Abb. 91 - 92, 95).

Die überaus charakteristische hydrothermale Fauna von Hydrothermalfeld 1 „Wienerwald“ wird von Mesogastropoden dominiert, vor al-

lem durch die schwarze Schnecke *Olgaconcha tufari* L. A. BECK, 1991 n. gen. et n. spec., gegen die die „behaarte“ Schnecke *Alviniconcha* cf. *hessleri* OKUTANI & OHTA, 1988 deutlich zurücktritt. Darüber hinaus können stellenweise reichlich Seepocken, anomure Crustaceen, blinde Krabben und Garnelen auftreten, außerdem finden sich u. a. Napfschnecken (Archaeogastropoden), Meeresborstenwürmer (Polychaeten), Seegurken (Holothurien), Seeanemonen (Anthozoen, Aktinien), Fische usw.

Diese hydrothermale Fauna ist charakteristisch für den nordöstlichen Bereich des Untersuchungsgebietes am Manus-Spreizungsrücken mit der Typokalität Hydrothermalfeld 1 „Wienerwald“ sowie Hydrothermalfeld 3 (vgl. Abb. 69 - 70).

Deutlich davon unterschieden ist der südwestliche Bereich des Untersuchungsgebietes am Manus-Spreizungsrücken mit Hydrothermalfeld 4. Für dieses ist dagegen eine Hydrothermalfauna (vgl. Abb. 71 - 72, 99 - 100) kennzeichnend, die sich vor allem durch ein massenweises Auftreten von bestimmten Pogonophoren (*Ridgeia* spec.) und rosa Seeanemonen (n. spec.) auszeichnet, daneben finden sich u. a. anomure Krebse (*Munidopsis* spec.) und Krabben (*Bythograea* spec.).

Das Auftreten der kennzeichnenden Pogonophoren (*Ridgeia* spec.) und das Fehlen der schwarzen Schnecke *Olgaconcha tufari* L. A. BECK, 1991 n. gen. et n. spec. sowie der „behaarten“ Schnecke *Alviniconcha* cf. *hessleri* OKUTANI & OHTA, 1988 veranschaulichen, daß sich die Hydrothermalfauna in Hydrothermalfeld 4 deutlich von jener im benachbarten Hydrothermalfeld 1 „Wienerwald“ und Hydrothermalfeld 3 unterscheidet, dafür aber gewisse Ähnlichkeiten mit der Hydrothermalfauna vom Ostpazifischen Rücken und vom Galápagos-Rift aufweist.

Den Beginn der Nahrungskette für die verblüffend reiche Fauna im Bereich der hydrothermalen Quellaustritte stellen wieder chemoautotrophe und heterotrophe, z. T. extrem thermophile Archaeobakterien dar. Ein coccoider Organismus (*Pyrococcus* spec.), der aus Proben

von Komplexmassivsulfiderz isoliert und kultiviert werden konnte, wächst bei einer Temperatur bis 103 °C.

6. Tyrrhenisches Meer

Eine rezente Komplexmassivsulfiderz-Mineralisation ist mittlerweile auch vom Tiefseeberg Palinuro aus dem südöstlichen Tyrrhenischen Meer bei 39° 32,44' N, 14° 42,06' E, nördlich von Sizilien und den Liparischen Inseln, bekannt (vgl. z. B. MINNITI & BONAVIA 1984, PUCHELT & LASCHEK 1986, TUFAR 1991, 1992 b, 1995 b). Am Tiefseeberg Palinuro tritt in cirka 630 m Wassertiefe eine in chemischer wie mineralogischer Hinsicht sehr komplexe Massivsulfiderz-Mineralisation (vgl. TUFAR 1991, 1992 b, 1995 b) auf, die aus Sulfiden, Sulfosalzen und Sulfat-Gangart besteht (vgl. Tabelle 13). Diese Paragenese zeichnet sich durch hohe Gehalte an Bleiglanz (vgl. Abb. 102 - 106, 108) und Baryt (vgl. Abb. 101 - 103, 105 - 106, 108) aus. Weitere Hauptgemengteile bilden Pyrit (vgl. Abb. 101 - 108), Melnikovitpyrit (vgl. Abb. 101, 106), Zinkblende (vgl. Abb. 107) und Schalenblende (vgl. Abb. 101 - 102, 105 - 108), Nebengemengteile u. a. Markasit, Enargit und Kupferkies, Akzessorien z. B. Tennantit (vgl. Abb. 103), Bravoiit, Covellin sowie ein weiteres Sulfosalz, vermutlich Jordanit. Das Auftreten von Enargit und Tennantit läßt ersehen, daß eine eisenarme Buntmetall-Mineralisation vorliegt. Die Erzmineralisation ist durch sehr hohe Spurengehalte an Quecksilber (max. 0,67 %) gekennzeichnet. Interessante Spurenkonzentrationen finden sich bei den Edelmetallen Silber und Gold. Die auftretenden Verwachsungen sind häufig feinkörnig ausgebildet. Vielfach liegen komplexe rhythmische Abfolgen vor, Kolloidalgefüge bzw. Geltexturen sind verbreitet (vgl. Abb. 101). Darüber hinaus machen plastische, sedimentäre Deformation und Faltung von Erzlagen auf das Vorliegen eines ursprünglich unverfestigten Erzschlammes aufmerksam (vgl. Abb. 106). Typisch für die Erzmineralisation sind häufig anzutreffende diagenetische Gefüge (!), die besonders ein-

drucksvoll von Bleiglanz abgebildet werden (vgl. Abb. 103 - 105). Eine weitere Besonderheit dieses Vorkommens stellen im Komplexmassivsulfiderz erhaltene bzw. pseudomorphosierte laminierte Matten von Mikroorganismen dar, wahrscheinlich liegen Bakterienmatten vor (vgl. Abb. 107).

7. Schlussfolgerungen und Ausblick

Aktive Spreizungsrücken stellen Zonen des Magmenaufstieges aus dem Erdmantel und der Akkretion ozeanischer Kruste dar und sind daher Bereiche, in denen in erheblichem Maße Energie in Form von Wärme aus dem Erdmantel gefördert und abgegeben wird.

Gebunden an die aktiven Spreizungsrücken und deren kontinuierliche Neubildung ozeanischer Kruste ist stellenweise eine intensive hydrothermale Aktivität und Lagerstättenbildung, eine rezente Förderung und Anhäufung geogener Wertstoffe und Schadstoffe (vgl. Tabelle 2 - 4, 6 - 7, 9 - 11, 13). Diese wird besonders eindrucksvoll durch eine stellenweise auftretende rezente hydrothermale Lagerstättenbildung von Komplexmassivsulfiderz dokumentiert.

Bergwirtschaftlich kommt den rezenten hydrothermalen Komplexmassivsulfiderzen Bedeutung als wichtige mögliche Rohstoffquelle für die Zukunft zu. Über anhaltende Hydrothermal-Prozesse wird eine kontinuierliche dynamische Regeneration der Erzreserven gewährleistet.

Bei diesen Komplexmassivsulfiderzen handelt es sich zwar häufig um rasch wachsende, aber in geologischen Zeiträumen gedacht, meist nur um kurzlebige Bildungen. Sobald die betreffenden Hydrothermen ihre Produktion einstellen, setzt unverzüglich die Halmyrolyse (untermeerischer, der Verwitterung prinzipiell vergleichbarer Vorgang der Mineralzersetzung und Mineralneubildung) im sauerstoffreichen Tiefenwasser des Ozeans ein, und durch Oxidation kommt es zur Auflösung der Komplexmassivsulfiderze. Zu Beginn dieses Vorganges gewähren die sich außen um die Erzkörper

bildenden Verwitterungsbildungen und -krusten (Limonit usw.) einen gewissen Schutz. Durch fortschreitende Oxidation wird das Komplexmassivsulfiderz vollständig von den halmyrolytischen Neubildungen verdrängt, die aber selbst letztlich bei Fortschreiten dieses Prozesses im sauerstoffreichen Tiefenwasser aufgelöst werden.

Die rezenten Komplexmassivsulfiderze können nur erhalten bleiben, wenn sie rasch nach dem Versiegen der Hydrothermen der Einwirkung des oxidierenden Tiefenwassers entzogen werden. Auf Grund des besonderen geologischen Milieus dieser Lagerstättenbildung, die sich jeweils im Zentralgraben eines aktiven Spreizungsrückens vollzieht, also im jüngsten Teil eines Ozeans, scheidet eine Bedeckung mit normalem Sediment zwangsläufig aus. In diesem Bereich reicht die normale Sedimentationsrate bei weitem nicht aus, um die Komplexmassivsulfiderze rasch und noch vor deren Auflösung der Oxidation zu entziehen. Als Möglichkeit für eine Erhaltung der Komplexmassivsulfiderze bleibt nur deren Bedeckung bzw. Überdeckung mit Lava, um dadurch einen Schutz gegen die einwirkende Halmyrolyse mit Oxidation im sauerstoffreichen Tiefenwasser zu erreichen. Dies stellt sicher einen extrem seltenen Ausnahmefall dar.

Nicht nur für die Geowissenschaften, auch für die Biologie hat sich durch die Entdeckung und Untersuchung der am Tiefseeboden auftretenden rezenten hydrothermalen Aktivität mit ihren Hydrothermalquellen und der Bildung von rezenten Komplexmassivsulfiderz-Lagerstätten (Schwarze Raucher) sowie den daran geknüpften Biotopen mit individuenreicher hydrothermalen Fauna unerwartet ein völlig neues, wichtiges Forschungsgebiet mit wesentlichen Erkenntnissen über neuartige Lebensformen eröffnet (vgl. z. B. GRASSLE 1988, JANNASCH 1985, 1994, LUTZ & KENNISH 1993, STETTER 1985, VAN DOVER 1995).

Verbunden mit der rezenten hydrothermalen Aktivität und Komplexmassivsulfiderz-Lagerstättenbildung ist das Auftreten und die Konzentration einer speziellen Fauna. Der im jeweiligen Zentralgraben über weite Strecken

äußerst dünn besiedelte Tiefseeboden gleicht einer leblosen Wüste. Dagegen findet und konzentriert sich eine individuenreiche hydrothermale Fauna dann plötzlich in dem scheinbar unwirtlichen, toxischen Milieu um die Quellaustritte der hydrothermalen Lösungen. Wegen der hohen Konzentrationen an Schwer- und Buntmetallen sowie Schwefel in den hydrothermalen Lösungen ist dieses Auftreten einer reichhaltigen Fauna überaus erstaunlich: die rezente geogene Förderung und Anhäufung von Wertstoffen oder Schadstoffen, je nach Sicht, geht einher mit einer Konzentration von Leben in diesem ansonsten unwirtlichen Bereich der Tiefsee.

Neben Schwefelwasserstoff (H_2S) und Methan (CH_4) kommen Eisen sowie weitere Schwer- bzw. Buntmetalle (z. B. Cu, Zn, Pb, Cd, Tl, Hg, As) aus den Hydrothermen in derart hohen Konzentrationen zur Förderung, daß normalerweise eine absolut toxische Wirkung anzunehmen wäre. Aus biologischer Sicht handelt es sich somit eindeutig um Schadstoffe und eine geogene Schadstoff-Förderung erheblichem Ausmaßes. Dennoch toleriert eine hochspezialisierte Fauna die Schwermetall-Gifte in diesem Lebensraum nicht nur, sondern gedeiht dort sogar besonders gut.

Die hierfür notwendigen physiologischen Adaptationen sind allerdings bisher ebenso ein Rätsel wie es die Anpassungen an die z. T. extremen Temperaturen sind. So beträgt die Temperatur in den Wurmröhren einiger Meeresborstenwürmer (Polychaeten, z. B. Alvinelliden) dauerhaft bis ca. $60\text{ }^\circ\text{C}$, und sogar Temperaturen von über $100\text{ }^\circ\text{C}$ werden für einige Minuten ertragen. Diese außergewöhnliche Temperatur- und Schadstoff-Toleranz läßt die Diskussion um anthropogenen und geogenen Schadstoff-Eintrag ins Meer und deren Wirkung auf marine Ökosysteme in neuem Licht erscheinen.

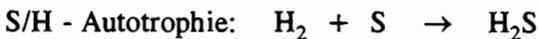
Den Beginn der Nahrungskette repräsentieren z. T. extrem thermophile, chemoautotrophe Archaeobakterien, außerdem treten auch z. T. extrem thermophile heterotrophe Archaeobakterien auf. Die Archaeobakterien sind als Primärproduzenten dem Leben bei hohen Temperaturen und in reduzierendem Milieu angepaßt

und nutzen die ausströmenden Hydrothermen als für dieses spezielle Leben notwendige Energiequelle.

Chemosynthetische (Archae-) Bakterien haben mit den photosynthetischen Pflanzen gemeinsam, daß sie Kohlendioxid zu organischen Kohlenstoffverbindungen reduzieren können (*Autotrophie*). An Stelle von Licht als notwendige Energie (*Photoautotrophie*) können sie bestimmte anorganische Verbindungen unter Energiegewinnung oxidieren, d. h. veratmen (*Chemoautotrophie*). Wasserstoff, Schwefelwasserstoff, elementarer Schwefel, Thiosulfat, Nitrit, Methan, Kohlenmonoxid und die reduzierten Verbindungen von Eisen und Mangan können hierbei genutzt werden. Da diese Stoffe über das Nebengestein, die neugebildete ozeanische Kruste, bezogen werden, spricht man von *Chemolithoautotrophie*.

Extrem thermophile Archaeobakterien leben z. T. strikt anaerob und können elementaren Schwefel zu Sulfid veratmen (z. B. *Pyrodicticum*, *Thermococcus*), andere wiederum bilden Schwefelwasserstoff (z. B. *Archaeoglobus*).

Energieliefernde Reaktionen sind z. B.:



Von dieser Ausgangsbiomasse lebt eine relativ artenreiche sowie individuenreiche Makrofauna. Aufbauend auf einem dichten Besatz von z. T. extrem thermophilen, chemoautotrophen Archaeobakterien haben sich vor allem viele filtrierende Benthosorganismen sowie einige Räuber und Aasfresser angesiedelt. Bei einigen Arten ist Endosymbiose mit chemoautotrophen Bakterien nachgewiesen (z. B. *Alviniconcha* cf. *hessleri* OKUTANI & OHTA, 1988), bei anderen durchaus wahrscheinlich (z. B. *Oligaconcha tufari* L. A. BECK, 1991 n. gen. et n. spec.).

Diese individuenreiche Fauna im Bereich der hydrothermalen Quellaustritte kann auch als Besatz auf den aktiven Komplexmassivsulfiderz-Schornsteinen oder sogar rezent (!) fossilisiert in den Schwarzen Rauchern beobachtet werden. Die Fauna umfaßt das vagile und

sessile Benthos, nämlich Gastropoden, Crustaceen, Holothurien, Cnidarier usw. In der Umgebung der Hydrothermen befindet sich zusätzlich ein umfangreiches Nekton mit Cephalopoden, Knochenfischen (Osteichthyes) und Knorpelfischen (Chondrichthyes).

Die rezente hydrothermale Aktivität und Komplexmassivsulfiderz-Lagerstättenbildung mit ihren Schwarzen Rauchern bildet nicht nur die Lebensgrundlage für heutige hydrothermale Tiefsee-Lebensgemeinschaften, sondern ermöglicht sogar deren Fossilisation.

Die rezente hydrothermale Aktivität wird besonders eindrucksvoll durch die Bildung von Komplexmassivsulfiderz-Lagerstätten mit den charakteristischen Schwarze Raucher an aktiven Spreizungsrücken dokumentiert. Die Komplexmassivsulfiderze bzw. die Schwarzen Raucher enthalten nur einen geringen Teil der rezenten hydrothermalen Metall-Förderung an aktiven Spreizungsrücken. Die Hauptmenge liegt in Form oxidischer hydrothermalen Sedimente vor, also oxidischer Erzschlämme.

Das gesamte Sulfid der hydrothermalen Lösung, dessen Menge als reduzierter Sulfatanteil des ursprünglichen Meerwassers begrenzt ist, zuzüglich geringer Mengen aus der ozeanischen Kruste bzw. aus dem Basalt selbst, wird unmittelbar an den Austrittsstellen der Hydrothermen am Ozeanboden der Tiefsee durch Ausfällung der Metall-Sulfide aufgebraucht. Die verbleibende Hauptmenge an gelaugten bzw. gelösten Metall-Ionen in der ausgeströmten hydrothermalen Lösung fällt als Hydroxide aus, und zwar in riesigen Mengen und in einem weiten Umkreis, abhängig von der Meeresströmung, selbst noch Hunderte bis über Tausend Kilometer von der Austrittsstelle entfernt. Sofern keine zu starke Verdünnung mit anderen Bestandteilen eintritt (z. B. Globigerinen-Schlämme), können diese "oxidischen hydrothermalen Sedimente" oder "oxidischen Erzschlämme" große Bereiche einnehmen und bedecken, ihre Hauptkomponenten sind Eisen- und Mangan-Oxi-Hydroxide. Derartige Sedimente können einen asymmetrischen Hof ("Halo") um die Austrittsstellen der Hydrothermen auf dem Ozeanboden der Tiefsee bilden.

Betrachtet man auf den Kontinenten bekannte syngenetische "fossile" Buntmetall-Lagerstätten, die in einem marinen Milieu zur Bildung gelangten, so zeigt sich, daß diese teilweise durch solche paragenetischen Verhältnisse und Gefüge gekennzeichnet sind, die auch in den rezenten Komplexmassivsulfiderzen (Schwarze Raucher) anzutreffen sind. So können vorsichtige Vergleiche zwischen fossilen Erzmineralisationen bzw. bekannten "fossilen" syngenetischen Buntmetall-Lagerstätten und den rezenten Komplexmassivsulfiderzen versucht werden.

Die Komplexmassivsulfiderze vom Tiefseeberg Palinuro in der Tyrrhenis eröffnen z. B. Möglichkeiten für paragenetische Vergleiche mit der syngenetischen triadischen Buntmetall-Lagerstätte Veovača in Bosnien (vgl. Abb. 109) und auf Grund der auftretenden diagenetischen Gefüge sogar mit den kalkalpinen Blei-Zink-Lagerstätten vom Typ Bleiberg-Kreuth (Kärnten) - Mežica-Topla (Slowenien).

Mit der einzigartigen Möglichkeit, die Ausfällung von Sulfiden aus hydrothermalen Lösungen und damit die Entstehung von Komplexmassivsulfiderz-Lagerstätten direkt am Ozeanboden der Tiefsee beobachten und untersuchen zu können, lassen sich wesentliche neue Erkenntnisse für die Lagerstättenkunde gewinnen. Es ist faszinierend, an aktiven Spreizungsrücken am Ozeanboden der Tiefsee Vorgänge direkt zu beobachten und zu untersuchen, die in der geologischen Vergangenheit zur Bildung "fossiler", in Abbau befindlicher Lagerstätten beigetragen haben. Diese kamen zwar ursprünglich in einem marinen Milieu zur Bildung, befinden sich aber heute durch nachfolgende geologische Vorgänge und Prozesse auf den Kontinenten. Eine genaue Beobachtung und Untersuchung der rezenten Vorgänge, die sich am Ozeanboden der Tiefsee abspielen, läßt bei vorsichtiger Deutung auch wichtige Erkenntnisse für die genetische Klärung der Bildung von Lagerstätten in der geologischen Vergangenheit gewinnen. Vor übereilten Schlußfolgerungen und Parallelisierungen wird man sich aber hüten müssen. Es sind revolutionierende Erkenntnisse für die Geowissenschaften allgemein, ebenso für

Nachbardisziplinen (z. B. Ozeanographie, Geographie, Biologie) wie für die künftige weltweite Rohstoffversorgung zu erwarten.

Danksagung

Für die großzügige Förderung meines Forschungsprojektes OLGA gilt mein Dank dem Deutschen Bundesminister für Forschung und Technologie (BMFT) in Bonn und da besonders auch Herrn Prof. Dr. H. BUNGENSTOCK.

Literatur

- BARRETT, T. J. & JAMBOR, J. L. (Hrsg.) 1988
Seafloor hydrothermal Mineralization. - Canadian Mineralogist, Bd. 26, Teil 3.
- BECK, L. A. 1991
Olgaconcha tufari n. gen. et n. sp. - a new mesogastropod (Gastropoda: Prosobranchia) from hydrothermal vents in the Manus Back-Arc Basin (Bismarck Sea, Papua New Guinea). - Ann. Naturhist. Mus. Wien, Bd. 92, Serie B, 277 - 287, Wien.
- BECK, L. A. 1992 a
Symmetromphalus hageni sp. n., a new neomphalid gastropod (Prosobranchia: Neomphalidae) from hydrothermal vents at the Manus Back-Arc Basin (Bismarck Sea, Papua New Guinea). - Ann. Naturhist. Mus. Wien, Bd. 93, Serie B, 243 - 257, Wien.
- BECK, L. A. 1992 b
Two new neritacean limpets (Gastropoda: Prosobranchia: Neritacea: Phenacolepadidae) from active hydrothermal vents at Hydrothermal Field 1 "Wienerwald" in the Manus Back-Arc Basin (Bismarck Sea, Papua New Guinea). - Ann. Naturhist. Mus. Wien, Bd. 93, Serie B, 259 - 275, Wien.
- BECK, L. A. 1993
Morphological and anatomical studies on a new lepetodrilacean limpet (Gastropoda, Prosobranchia) from hydrothermal

- drothermal vents at the Manus Back-Arc Basin (Bismarck Sea, Papua New Guinea). - *Ann. Naturhist. Mus. Wien*, Bd. 94/95, Serie B, 167 - 179, Wien.
- BECK, L. A. 1994
Anpassungen an hydrothermales Milieu bei Tiefseeschnecken. - *Mitt. dtsh. malakozool. Ges.*, Bd. 54, 1 - 2, Frankfurt am Main.
- BISCHOFF, J. L., ROSENBAUER, R. J., ARUSCAVAGE, P. J., BAEDECKER, P. A. & CROCK, J. G. 1983
Sea-Floor Massive Sulfide Deposits from 21° N, East Pacific Rise; Juan de Fuca Ridge; and Galapagos Rift: Bulk Chemical Composition and Economic Implications. - *Econ. Geol.*, Bd. 78, Nr. 8, 1711 - 1720, Lancaster, Pennsylvania.
- CORLISS, J. B., DYMOND, J., GORDON, L. I., EDMOND, J. M., HERZEN, R. P. VON, BALLARD, R. D., GREEN, K., WILLIMAS, D., BAINBRIDGE, A., CRANE, K. & VAN ANDEL, T. H. 1979
Submarine Thermal Springs on the Galapagos Rift. - *Science*, Bd. 203, Nr. 4385, 1073 - 1083, Washington.
- DEGENS, E. T. & ROSS, D. A. 1969
Hot Brines and Recent Heavy Metal Deposits in the Red Sea. - Springer-Verlag, New York - Berlin - Heidelberg.
- EDMOND, J. M., VON DAMM, K. L., MCDUFF, R. E. & MEASURES, C. I. 1982
Chemistry of hot springs on the East Pacific Rise and their effluent dispersal. - *Nature*, Bd. 297, 187 - 191, London.
- FRANCHETEAU, J., NEEDHAM, H. D., CHOUKROUNE, P., JUTEAU, T., SÉGURET, M., BALLARD, R. D., FOX, P. J., NORMARK, W., CARRANZA, A., CORDOBA, D., GUERRERO, J., RANGIN, C., BOUGAULT, H., CAMBON, P. & HEKINIAN, R. 1978
Découverte par submersible de sulfures polymétalliques massifs sur la dorsale du pacifique oriental par 21° N. - *C. R. Acad. Sc. Paris*, 287, Series D, 1365 - 1368, Paris.
- FRANCHETEAU, J., NEEDHAM, H. D., CHOUKROUNE, P., JUTEAU, T., SÉGURET, M., BALLARD, R. D., FOX, P. J., NORMARK, W., CARRANZA, A., CORDOBA, D., GUERRERO, J., RANGIN, C., BOUGAULT, H., CAMBON, P. & HEKINIAN, R. 1979
Massive deep-sea sulphide deposits discovered on the East Pacific Rise. - *Nature*, 277, 523 - 528, London.
- GOLDFARB, M. S., CONVERSE, D. R., HOLLAND, H. D. & EDMOND, J. M. 1983
The Genesis of Hot Spring Deposits on the East Pacific Rise, 21° N. - *Econ. Geol.*, Monograph 5, 184 - 197, Lancaster, Pennsylvania.
- GRASSLE, F. 1988
A Plethora of Unexpected Life. - *Oceanus*, Bd. 31, Nr. 4, 41 - 46, Woods Hole, Massachusetts.
- GUNDLACH, H., MARCHIG, V. & BÄCKER, H. 1983
Neue Erzfundte im Pazifik, "Geometep 3" - Dritte deutsche Forschungsfahrt zu aktiven Plattenrändern im Pazifik. - *Erzmetall*, Bd. 36, 495 - 500, Weinheim.
- HARTMANN-SCHRÖDER, G. 1992
Zur Polychaetenfauna in rezenten hydrothermalen Komplexmassivsulfiderzen ("Schwarze Raucher") am Ostpazifischen Rücken bei 21° 30' S. - *Helgoländer Meeresunters.*, Vol. 46, 389 - 403, Hamburg.
- HAYMON, R. M. & KASTNER, M. 1981
Hot spring deposits on the East Pacific Rise at 21° N: preliminary description of mineralogy and genesis. - *Earth Planet. Sci. Lett.*, Bd. 53, 363 - 381, Amsterdam.
- HEKINIAN, R., FEVRIER, M., BISCHOFF, J. L., PICOT, P. & SHANKS, W. C. 1980
Sulfide Deposits from the East Pacific Rise Near 21° N. - *Science*, Bd. 207, 1433 - 1444, Washington.
- HEKINIAN, R., ROSENDAHL, B. R., CRONAN, D. S., DIMITRIEV, Y., FODOR, R. V., GOLL, R. M., HOFFERT, M., HUMPHRIS,

- S. E., MATTEY, D. P., NATLAND, J., PETERSEN, N., ROGGENTHEN, W., SCHRADER, E. L., SRIVASTAVA, R. K. & WARREN, N. 1978
Hydrothermal deposits and associated basement rocks from the Galapagos Spreading Centre. - *Oceanologica Acta*, Bd. 1, Nr. 4, 473 - 482, Paris.
- JANNASCH, H. W. 1985
Leben in der Tiefsee auf chemosynthetischer Basis. - *Naturwissenschaften*, Bd. 72, 285 - 290, Berlin - Heidelberg.
- JANNASCH, H. W. 1994
Neuartige Lebensformen an den Thermalquellen der Tiefsee. - *Vorträge Nordrhein-Westfälische Akademie der Wissenschaften*, N 409, 1 - 51, Opladen.
- LUTZ, R. A. & KENNISH, M. J. 1993
Ecology of deep-sea hydrothermal vent communities: A review. - *Reviews of Geophysics*, Bd. 31, Nr. 3, 211 - 242.
- MALAHOFF, A., EMBLEY, R. W., CRONAN, D. S. & SKIRROW, R. 1983
The Geological Setting and Chemistry of Hydrothermal Sulfides and Associated Deposits from the Galapagos Rift at 86° W. - *Marine Mining*, Bd. 4, Nr. 1, 123 - 137, New York.
- MINNITI, M. & BONAVIA, F. F. 1984
Copper-ore grade hydrothermal mineralization discovered in a seamount in the Tyrrhenian Sea (Mediterranean): is the mineralization related to porphyry-coppers or to base metal lodes? - *Marine Geology*, Bd. 59, 271 - 282, Amsterdam.
- NATTERER, K. 1899
Chemisch-Geologische Tiefsee-Forschung (Expedition der Schiffe „Pola“ und „Taurus“ in das östliche Mittelmeer, Marmara Meer und Rote Meer). - *Geograph. Zeitschrift*, Bd. 5, 190 - 209, 252 - 260, Leipzig.
- NATTERER, K. 1901
Expedition S. M. Schiff „Pola“ in das Rote Meer, Südliche Hälfte, Sept. 1897 - März 1898. - 15: Chemische Untersuchung von Wasser und Grundproben. - *Denkschr. Österr. Akad. Wiss., Mathem.-naturw. Kl., Abt. I, Bd. 69*, 297 - 309, Wien.
- ORTIZ B., F. & TUFAR, W. 1992
Depósitos de Sulfuros Masivos Recientes "Black Smokers". - *Revista de la Facultad de Ciencias*, Nr. 2, 75 - 96, Medellín.
- PUCHELT, H. 1984
Forschungsfahrt *Sonne* 29, Rotes Meer, 8.1.1984 - 9.3.1984 - *Fahrtbericht*, 1 - 288, Karlsruhe.
- PUCHELT, H. & LASCHEK, D. 1986
Forschungsfahrt *Sonne* 41, HYMAS I, 18.1.1986 - 28.4.1986 - *Fahrtbericht I. Fahrtabschnitt*, 1 - 331, Karlsruhe.
- RENARD, V., HEKINIAN, R., FRANCHETEAU, J., BALLARD, R. D. & BÄCKER, H. 1985
Submersible observations at the axis of the ultrafast-spreading East Pacific Rise (17° 30' to 21° 30' S). - *Earth Planet. Sci. Lett.*, Bd. 75, 339 - 353, Amsterdam.
- RONA, P. A. 1983
Exploration for Hydrothermal Mineral Deposits at Seafloor Spreading Centers. - *Marine Mining*, Bd. 4, No. 1, 7 - 38, New York.
- RONA, P. A. 1988
Hydrothermal mineralization at oceanic ridges. - In: BARRETT, T. J. & JAMBOR, J. L. (Hrsg.): *Seafloor hydrothermal Mineralization*. - *Canadian Mineralogist*, Bd. 26, Teil 3, 431 - 465.
- RONA, P. A., BOSTRÖM, K., LAUBIER, L. & SMITH, K. L. (Hrsg.) 1983
Hydrothermal Processes at Seafloor Spreading Centers. - *NATO Conference Series, Series IV: Marine Sciences*, Bd. 12, Plenum Press, New York.
- ROSENBAUER, R. J. & BISCHOFF, J. L. 1983
Uptake and transport of heavy metals by heated seawater: A summary of the experimental results. - In: RONA, P. A., BOSTRÖM, K., LAUBIER, L. & SMITH, K. L. (Hrsg.): *Hydrothermal Processes at Seafloor Spreading Centers*. - *NATO Conference Series, Series IV: Marine*

- Sciences, Bd. 12, 177 - 197, Plenum Press, New York.
- STETTER, K. O. 1985
Extrem thermophile Bakterien. - Naturwissenschaften, Bd. 72, 291 - 301, Berlin - Heidelberg.
- TUFAR, W. 1987
Lagerstättenkundliche und erzpetrographische Untersuchungen an (sub-) rezenten komplexen massiven Sulfiderzen ("Schwarze Raucher") und sulfiderzhaltigen Proben des Ostpazifischen Rückens: Fahrt "Geometep 4" - "Sonne 40", Leg 3. - In: BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE HANNOVER - REEDEREIGEMEINSCHAFT FORSCHUNGSSCHIFFFAHRT GMBH BREMEN (Hrsg.): Bericht Bundesminister für Forschung und Technologie Bonn, SO 40 - 4. Fahrt mit FS Sonne im Rahmen des des Geometep-Programms, 223 - 356, Hannover.
- TUFAR, W. 1988
Recent Complex Massive Sulfide Deposits ("Black Smokers") and Hydrothermal Metallogenesis at Actively Spreading Plate Boundaries in the Pacific (East Pacific Rise, Galápagos Rift): Potential Marine Mineral Resources and a Future Field of Activity for Deep-sea Mining. - Journal of Engineering, Islamic Republic of Iran, National Center for Scientific Research, Bd. 1, Nr. 4, 219 - 241, Teheran.
- TUFAR, W. 1989
Recent Complex Massive Sulfide Deposits ("Black Smokers") and Hydrothermal Metallogenesis at Actively Spreading Plate Boundaries in the Pacific (East Pacific Rise, Galápagos Rift): Potential Marine Mineral Resources and a Future Field of Activity for Deep-sea Mining. - Second Mining Symposium Iran, Kerman 1988, Ministry of Mines and Metals, University of Teheran, Bd. 3, Proceedings, 1 - 47, Teheran.
- TUFAR, W. 1990
Modern Hydrothermal Activity, Formation of Complex Massive Sulfide Deposits and Associated Vent Communities in the Manus Back-Arc Basin (Bismarck Sea, Papua New Guinea). - Mitt. österr. geol. Ges., Bd. 82, Jg. 1989, 183 - 210, Wien.
- TUFAR, W. 1991
Hydrothermale Aktivität auf dem Meeresboden - 3 Ostpazifischer Rücken, Galápagos-Rift, Rotes Meer, Tyrrhenisches Meer. - Geol. Jb., D 93, Festband Forschungsschiff *Sonne* - 50 Fahrten im Dienst der geowissenschaftlichen Meeresforschung, 140 - 153, 169 - 193, Hannover.
- TUFAR, W. 1992 a
OLGA - Ein geowissenschaftliches Großprojekt zur Erforschung von Lagerstätten in den Ozeanen - Rezente Komplexmassivsulfiderze ("Schwarze Raucher") am Ostpazifischen Rücken bei 21° 30' Süd. - *alma mater philippina*, H. SS 1992, 24 - 32, Marburg.
- TUFAR, W. 1992 b
Paragenesis of Complex Massive Sulfide Ores from the Tyrrhenian Sea. - Mitt. österr. geol. Ges., Bd. 84, 1991, 265 - 300, Wien.
- TUFAR, W. 1992 c
OLGA II- Rezente Komplexmassivsulfiderze ("Schwarze Raucher") in der Bismarck-See (Papua-Neuguinea) - Ein geowissenschaftliches Großprojekt zur Erforschung von Lagerstätten in den Ozeanen. - *alma mater philippina*, H. WS 1992/93, 25 - 33, Marburg.
- TUFAR, W. 1993
Recent Complex Massive Sulfide Mineralizations (Black Smokers) from the Southern Part of the East Pacific Rise. - Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.A., Bd. 16, 109 - 145, Wien.

- TUFAR, W. 1994
First Discovery of Modern Hydrothermal Complex Massive Sulfide Ore Formation (Black Smokers) in the Bismarck Sea (Papua New Guinea, West Pacific). - Proc. Fourth Mining Symposium of Iran, Bd. 1, Exploration, 223 - 225, Yazd.
- TUFAR, W. 1995 a
Investigation of Modern Hydrothermal Complex Massive Sulfide Ore Formation in the Southeastern Pacific and Red Sea. - DeRidge Newsletter, H. 1, 29 - 34, Kiel.
- TUFAR, W. 1995 b
Investigation of Modern Hydrothermal Complex Massive Sulfide Ore Formation in the West Pacific and in the Mediterranean Sea. - DeRidge Newsletter, H. 1, 58 - 60, Kiel.
- TUFAR, W., GUNDLACH, H. & MARCHIG, V. 1984
Zur Erzparagenese rezenter Sulfid-Vorkommen aus dem südlichen Pazifik. - Mitt. österr. geol. Ges., Bd. 77, Jg. 1984, 185 - 245, Wien.
- TUFAR, W., GUNDLACH, H. & MARCHIG, V. 1985
Ore Paragenesis of Recent Sulfide Formations from the East Pacific Rise. - Monograph Series on Mineral Deposits, Bd. 25, H.-J. Schneider-Festband (Hrsg.: K. GERMAN), 75 - 93, Gebrüder Borntraeger, Berlin - Stuttgart.
- TUFAR, W. & JULLMANN, H. 1991
Mit OLGA in den "Wienerwald" - Geowissenschaftliches Großprojekt zur Untersuchung von Lagerstätten in den Ozeanen. - Spiegel der Forschung, 8. Jg., H. 1, 39 - 45, Gießen.
- TUFAR, W. & NÄSER, G. 1992
Lagerstättenkundliche Detailuntersuchungen rezenter Erzvorkommen im Bereich einer Platten-Kollisionszone, speziell in der Back-Arc-Spreizungszone am Beispiel des Manus-Beckens in Papua-Neuguinea. - Forschungsfahrt *Sonne* 68 - OLGA II, Bericht Bundesminister für Forschung und Technologie Bonn, 1 - 447, Marburg (Lahn).
- TUFAR, W. & NÄSER, G. 1993
Lagerstättenkundliche Detailuntersuchungen eines aktiven Hydrothermalfeldes im Bereich eines Scheitelgrabens an divergierenden Plattenrändern mit hoher Divergenzrate im Ostpazifik. - Forschungsfahrt *Sonne* 63 - OLGA I, Bericht Bundesminister für Forschung und Technologie Bonn, 1 - 587, Marburg (Lahn).
- TUFAR, W., TUFAR, E. & LANGE, J. 1986
Ore paragenesis of recent hydrothermal deposits at the Cocos-Nazca plate boundary (Galápagos Rift) at 85° 51' and 85° 55' W: complex massive sulfide mineralizations, non-sulfidic mineralizations and mineralized basalts. - Geologische Rundschau, Bd. 75, H. 3, Hans Cloos-Festschrift, 829 - 861, Stuttgart.
- VAN DOVER, C. L., 1995
Ecology of Mid-Atlantic Ridge hydrothermal vents. - In: PARSON, L. M., WALKER, C. L. & DIXON, D. R. (Hrsg.): Hydrothermal Vents and Processes. - Geological Society Special Publication, Bd. 87, 257 - 294.
- ZIERENBERG, R. A., SHANKS III, W. C. & BISCHOFF, J. L. 1984
Massive sulfide deposits at 21° N, East Pacific Rise: Chemical composition, stable isotopes, and phase equilibria. - Geol. Soc. Amer. Bull., Bd. 95, 922 - 929, Colorado.

Tabelle 1: Chemische Zusammensetzung von Vulkaniten vom Ostpazifischen Rücken bei 21° 30' S

	2 D	10 D	12 D	18 D	22 D	48 D	61 D	92 D	130 D
Gewichtsprozent									
SiO ₂	50,69	50,79	51,06	50,62	51,74	50,79	50,80	50,23	50,82
TiO ₂	1,81	1,43	1,49	1,49	1,54	1,54	1,49	1,21	1,63
Al ₂ O ₃	14,23	14,73	14,96	14,62	14,21	14,42	14,48	15,50	14,90
Fe ₂ O ₃ *	12,07	11,15	11,05	11,29	10,90	11,33	11,18	9,90	11,36
MnO	0,20	0,18	0,18	0,21	0,20	0,21	0,21	0,17	0,19
MgO	6,57	7,32	7,27	6,98	6,86	7,22	7,34	0,90	7,18
CaO	10,62	11,27	11,00	11,10	10,59	11,25	11,35	11,44	10,96
Na ₂ O	3,11	2,65	2,81	2,99	3,10	2,77	2,77	2,73	2,76
K ₂ O	0,15	0,08	0,10	0,10	0,28	0,121	0,14	0,11	0,14
P ₂ O ₅	0,17	0,10	0,11	0,12	0,13	0,13	0,11	0,08	0,12
SO ₃	0,24	0,25	0,27	0,27	0,34	0,39	0,57	0,20	0,30
Glühv.	-0,21	-0,31	-0,63	-0,37	-0,23	-0,52	-0,76	-0,03	-0,59
g/t (ppm)									
Ag	1	2	7	11	3	3			1
As	<5	<5	<5	<5	<7	15	11	8	<5
B	30	38	24	22	22	33	32	39	34
Ba	17	15	15	18	84	51	22	18	17
Bi		6			<10	13	<10		
Cd	11	15	16	15	15	14	13	12	14
Ce	22	16	<15	<15	<15	39	<15	<15	<15
Co	43	36	43	42	41	39	40	41	40
Cr	518	698	644	610	250	378	272	563	342
Cu	61	56	68	71	63	55	57	71	75
Ga	17	29	15	18	19	19	20	18	13
Hf	22	22	<20	<20	<18	<18	<18	22	<20
La	17	35		23				6	12
Li	2	6	39	7	5	7			4
Mo	<5	7	<5	7	<5	10	<5	<5	<5
Nb	<5	<5	<5	<5	7	8	<5	<5	<5
Ni	77	90	96	79	71	68	82	103	89
Pb	<10	<10	<10	11	12	<10	<10	<10	<10
Rb	<5	<5	<5	<5	6	7	<5	<5	<5
Sc	44	44	42	47	37	37	44	42	44
Sn	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	4
Sr	109	100	99	110	121	114	110	107	106
Ta	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Th	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
U	<7	<7	<7	<7	5	5	<5	<7	<7
V	328	306	307	313	317	332	340	259	329
W	<10	13	<10	<10	13	<10	11	<10	22
Y	44	33	42	37	34	35	30	33	42
Yb	6	6	6	5	5	5	5	4	5
Zn	134	95	82	86	86	78	83	89	126
Zr	143	88	86	88	102	92	87	72	96

* Gesamteisen als Fe₂O₃

Tabelle 2: Chemische Zusammensetzung von rezenten hydrothermalen Komplexmassivsulfiderzen vom Ostpazifischen Rücken bei 21° 30' S

	21	38	43	66	79	87	103	105	124
	GTVA	GTVA	GTVA	GTVA	GTVA	GTVA	GTVA	GTVA	GTVA
	Gewichtsprozent								
Cu	0,37	20,30	1,09	11,33	6,57	1,65	1,29	3,37	11,49
Zn	14,62	0,35	15,91	0,90	10,96	32,67	20,82	7,52	4,18
SiO ₂	9,26	1,11	25,50	1,03	8,45	2,77	3,29	5,43	0,34
TiO ₂	0,22	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01
Al ₂ O ₃	2,03	0,10	0,43	0,66	0,34	0,30	0,44	0,18	0,20
Fe ₂ O ₃ *	40,74	28,79	28,60	40,29	41,34	29,63	40,73	49,70	51,86
MnO	0,04	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,04
MgO	0,36	0,35	0,04	0,16	0,03	0,04	0,03	0,02	0,02
CaO	1,08	11,98	0,06	0,05	0,06	0,09	0,06	0,07	0,08
Na ₂ O	0,06	0,53	0,03	0,80	0,15	0,57	0,02	0,24	0,24
K ₂ O	0,05	0,04	0,05	0,02	0,05	0,07	0,05	0,06	0,05
P ₂ O ₅	0,02	0,08	0,01	0,03	0,01	0,05	0,01	0,03	0,08
SO ₃	0,70	16,27	0,36	15,76	0,22	0,32	0,22	0,19	0,28
Glühv.	26,40	14,46	23,33	-25,52	26,86	23,10	27,42	30,16	26,86
	g/t (ppm)								
As	118	12	73	106	127	100	186	136	90
Ba	5	8	10	5	4	4	4	15	6
Bi	<10	18	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Cd	518	32	537	90	387	1143	519	271	150
Ce	<35	<35	<35	<35	<35	<35	<35	<35	<35
Co	17	140	1629	9	2895	25	9	613	219
Cr	195	42	199	37	70	27	45	49	37
Ga	61	5	172	8	65	171	78	48	33
Hf	<18	<18	<18	<18	<18	<18	<18	<18	<18
Li	1	1		1					
Mo	15	207	78	86	165	38	24	217	140
Nb	<5	11	<5	12	20	11	13	13	15
Ni	28	26	9	22	26	13	12	29	26
Pb	557	<10	371	69	438	307	205	302	151
Rb	<5	8	6	<5	8	21	8	8	14
Sc	5	3	1	3	2	1	1	2	3
Sn	<30	131	<30	<30	55	30	85	41	<30
Sr	9	870	7	6	10	3	10	5	5
Ta	18	<10	11	<10	<10	<10	<10	<10	<1
Th	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	36	<10
U	<5	<5	19	10	<5	10	<5	<5	14
V	46	14	41	56	73	14	15	40	12
W	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Y	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Yb	2	2	1	3	2	1	2	3	3
Zr	18	36	11	10	16	8	10	21	16

* Gesamteisen als Fe₂O₃

Tabelle 3: Edelmetallgehalte in rezenten hydrothermalen Komplexmassivsulfiderzen vom Ostpazifischen Rücken bei 21° 30' S

	Gold		Silber	
	oz/t	g/t (ppm)	oz/t	g/t (ppm)
21 GTVA	0,013	0,45	1,54	52,82
34 GTVA	0,034	1,17	0,91	31,21
37 GTVA-1	0,017	0,58	1,97	67,57
37 GTVA-2	0,086	2,95	2,02	69,29
38 GTVA	0,011	0,38	0,67	22,98
55 GTVA	0,007	0,24	1,01	34,64
59 GTVA	0,130	4,46	<0,01	<0,34
66 GTVA	0,033	1,13	2,97	101,87
77 GTVA-1	0,060	2,06	4,17	143,03
77 GTVA-2	0,021	0,72	3,67	125,88
78 GTVA	0,011	0,38	1,66	56,94
79 GTVA	0,230	7,89	2,58	88,49
83 GTVA-1	0,005	0,17	0,42	14,41
83 GTVA-2	0,003	0,10	0,31	10,63
87 GTVA-1	0,009	0,31	2,02	69,29
87 GTVA-2	0,009	0,31	1,85	63,46
103 GTVA	0,009	0,31	0,97	33,27
104 GTVA-1	0,004	0,14	0,42	14,41
104 GTVA-2	0,004	0,14	0,40	13,72
104 GTVA-3	0,007	0,24	0,52	17,84
105 GTVA	0,009	0,31	1,09	37,39
119 GTVA	0,087	2,98	1,08	37,04
123 GTVA	0,009	0,31	1,29	44,25
124 GTVA	0,004	0,14	0,39	13,38
125 GTVA	0,004	0,14	0,73	25,04
136 GTVA-1	0,008	0,27	0,69	23,67
136 GTVA-2	0,005	0,17	0,04	1,37

Tabelle 4: Chemische Zusammensetzung von rezenten hydrothermalen Sedimenten vom Ostpazifischen Rücken bei 21° 30' S

	21	43	44	47	60	66	98	135	138
	GTVA	GTVA	GTVA	GTVA	GTVA	GTVA	GTVA	GTVA	GTVA
	Gewichtsprozent								
SiO ₂	58,31	14,10	82,64	36,20	33,32	6,55	80,11	71,20	29,00
TiO ₂	0,01	0,18	0,01	0,09	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
Al ₂ O ₃	< 0,05	0,35	0,04	0,35	0,09	0,68	0,03	0,20	0,09
Fe ₂ O ₃	17,09	45,05	7,03	27,21	40,18	59,78	8,29	14,60	43,78
MnO	0,24	2,53	0,17	0,03	1,20	0,07	0,09	0,21	0,04
MgO	0,72	0,37	0,10	2,30	1,46	0,19	0,30	0,36	2,25
CaO	0,40	0,75	0,11	0,38	0,43	0,16	0,18	0,22	0,39
Na ₂ O	3,30		1,13		3,97	1,18	1,69	0,54	3,42
K ₂ O	0,70		0,13		0,63	0,12	0,21	0,04	0,32
P ₂ O ₅	0,33		0,09		0,72	0,78	0,07	0,24	0,22
S ²⁻	0,04	0,14		7,28	0,14	34,16	0,17	0,23	8,28
SO ₄ ²⁻	0,28	3,07		2,93	0,31	0,77	0,23	0,44	0,64
SO ₃	0,66		0,92		1,26	0,86	2,59	3,40	7,20
Glühv.	16,89		7,02		16,09	23,84	6,14	9,23	9,03

Fortsetzung nächste Seite

	21	43	44	47	60	66	98	135	138
	GTVA	GTVA	GTVA	GTVA	GTVA	GTVA	GTVA	GTVA	GTVA
	g/t (ppm)								
Ag	0,7	4,3	4	210	2,5	14	1,3	1,1	40
As	17	50	18	40	114	269	9	100	22
Au									480 ppb
Ba	30	119	20		145	<50	402	283	59
Be			1		2			<1	
Bi			<10		16	<10	13	<10	<10
Cd	2	40	8	92	2	88	1	22	1
Ce	<15		<35		37	<35	<35	<35	<35
Co	7	62	12	300	44	6	3	3	276
Cr	30	90	79	5	18	42	32	10	5
Cs									0,3
Cu	11	210	133	1,87 %	1800	3,62 %	129	38	9800
Eu								0,9	
Ga	<5	9	7		21	19	<5	<5	17
Hf	<20		<18		<18	22	<18	<18	1,4
Hg								14	
La	<5		<5		<5			<5	7
Mo	13		14		70	315	12	18	18
Nb	<5	1	<5		16	15	<5	7	12
Ni	10	26	16	10	8	6	1	3	11
Pb	3	18	103	850	124	221	10	<10	297
Rb	11	13	7		11	<5	7	13	5
Sb									8,6
Sc	<2		<1		<1			<1	0,3
Se									16
Sm									4,4
Sn	<3		<3		<3	<3	<3	<3	<3
Sr	84	172	8		101	45	80	90	49
Ta	<10		<10		<10	<10	<10	<10	23
Tb									0,35
Th	<10	<3	<10		<10	<10	<10	15	0,4
U	<7		18		<5	18	<10	14	22
V	16	37	11	19	113	230	<10	22	66
W	74		<10		<10	<10	<10	<10	<10
Y	<5	<3	<5		8	9	<5	<5	<5
Yb									0,05
Zn	67	3,81 %	2038	4,96 %	1100	7400	97	346	2,20 %
Zr	<7	<10	7		9	<5	<5	<5	<5

* Gesamteisen als Fe₂O₃

Tabelle 5 a: Faunenliste geborgener Proben vom Ostpazifischen Rücken bei 21° 30' S

Stamm Rhizopoda (Wurzelfüßler)

Ordnung Foraminiferida, polythalamie Foraminiferen

Stamm Porifera (Schwämme)

Indet. spec.

Stamm Cnidaria (Nesseltiere)

Klasse Anthozoa, Hexacorallia

Ordnung Actinaria (Seeanemone)

Klasse Anthozoa, Octocorallia

Ordnung Pennatularia (Seefeder)

Stamm Annelida (Ringelwürmer)

Klasse Polychaeta (Meeresborstenwürmer)

Familie Alvinellidae

Alvinella pompejana DESBRUYÈRES & LAUBIER, 1980*Alvinella caudata* DESBRUYÈRES & LAUBIER, 1986

Familie Nereididae

Nereis sandersi BLAKE, 1985 (Meeresborstenwurm)

Familie Maldanidae

Nicomache arwidsoni BLAKE, 1985

Familie Polynoidae

Thermiphone tufari HARTMANN-SCHRÖDER, 1992 n. gen. et n. spec.

Stamm Arthropoda (Gliederfüßer)

Klasse Crustacea

Familie Bythograeidae

Bythograea cf. *thermydron* WILLIAMS, 1980 (blinde Krabbe)

Familie Scalpellidae

Neolepas cf. *zevinae* NEWMAN, 1979

Stamm Mollusca (Weichtiere)

Klasse Bivalvia

Familie Mytilidae (Tiefsee-Miesmuscheln)

Bathymodiolus cf. *thermophilus* KENK & WILSON, 1985

Klasse Gastropoda

Ordnung Patellogastropoda

Familie Neolepetopsidae

Neolepetopsis n. spec.

Ordnung Archaeogastropoda (Napfschnecken)

Familie Peltospiridae

Hirtopelta n. spec.*Echinopelta* n. spec.

Ordnung Neogastropoda

Familie Turridae

Phymorhynchus spec. (Turmschnecke)

Tabelle 5 b: Isolierte und kultivierte Archaeobakterien aus geborgenen Proben vom Ostpazifischen Rücken bei 21° 30' S

Thermococcus spec. bzw. *Thermococcus celer**Pyrodictium occultum*

Tabelle 6: Chemische Zusammensetzung von rezenten hydrothermalen Komplexmassivsulfiderzen vom Galápagos-Rift

(Nach W. TUFAR, E. TUFAR & J. LANGE 1986)

	68 DC	80 GTV	139 DC	158 DC	161 DC
	MBS 1	MBS 2	XS 21	XS 22	XS 23
	Gewichtsprozent				
Cu	9,41	8,53	0,34	11,40	1,07
Fe*	38,20	36,90	12,70	31,60	20,60
Pb	0,03	0,03	0,03	0,01	0,10
Zn	0,26	1,20	15,35	1,43	26,90
MnO	0,02	0,02	0,05	0,02	0,04
H ₂ O	11,80	9,10	14,50	7,60	11,10
	g/t (ppm)				
Ag	19	26	222	24	168
As	205	103	68	253	80
Ba	< 80	< 70	< 80	< 80	500
Cd	22	45	199	35	285
Ce	< 2	< 2	< 2	3	< 2
Co	578	459	1	208	26
Ga	60	50	60	40	
Ge	< 20	< 20	30	< 20	< 20
Hf	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Hg	4	5	20	< 2	22
La	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Mo	205	194	34	217	58
Nb	< 5	8	< 5	< 5	19
Ni	25	< 10	< 10	21	< 10
Rb	38	39	< 9	14	22
Sb	4	5	39	7	16
Se	66	80	1	41	8
Sn	10	18	14	< 5	18
U	< 0,4	1,3	2,4	2,5	< 0,4
Y	< 5	5	9	6	110
Zr	< 5	8	6	11	35
	ppb				
Au	130	170	1410	43	850

* Gesamteisen als Fe

Tabelle 7: Chemische Zusammensetzung von rezenten hydrothermalen Komplexmassivsulfiderzen aus dem Kebrit-Tief im Roten Meer

	1	3	4	5	6
	Gewichtsprozent				
Cu	0,02	0,02	0,02	0,06	0,02
Fe*	34,36	29,60	34,78	26,26	26,89
Pb	0,01	0,11	0,11	0,14	0,24
Zn	0,08	16,49	11,99	24,21	23,74
SiO ₂	0,43	0,04	0,26	0,24	0,12
TiO ₂	0,01		0,01		
Al ₂ O ₃	0,14	0,03	0,09	0,06	0,05
MnO	0,29	0,08	0,06	0,08	0,08
MgO	0,04				
CaO	4,08	0,23	0,22	0,15	0,07
Ba	0,64	0,02	0,02	0,01	0,01
Na ₂ O	2,64		0,15		
K ₂ O	0,19	0,08	0,07	0,06	0,05
P ₂ O ₅	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01
SO ₃	8,98	1,10	0,65	0,59	0,31
Glühv.	32,01	34,49	32,80	29,98	29,91
	g/t (ppm)				
As	< 10	172	34	111	45
Mo	45	444	82	106	161
Nb	< 3	< 3	< 3	5	4
Ni	38	9	8	29	11
Rb	12	4	11	16	15
Sn	142	136	95	133	117
Sr	1356	12	12	7	< 3
Ta	< 10	108	74	217	185
Th	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
U	< 5	< 5	< 5	9	< 5
W	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Y	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Zr	< 5	< 5	< 5	14	< 5

* Gesamteisen als Fe

Tabelle 8: Chemische Zusammensetzung von Vulkaniten vom nordöstlichen Manus-Spreizungsrücken (Bismarck-See, Papua-Neuguinea, Westpazifik)

	5 D	6 D	10 D	13 D	7 GTVA	11 GTVA	14 GTVA	31 GTVA	43 GTVA
Gewichtsprozent									
SiO ₂	51,02	57,60	51,10	50,95	50,67	51,30	50,50	51,03	50,72
TiO ₂	0,87	1,47	1,38	1,36	1,15	1,22	1,08	1,37	1,07
Al ₂ O ₃	14,73	13,81	13,57	13,57	14,18	14,12	14,18	13,61	14,23
Fe ₂ O ₃ *	10,86	11,26	14,24	14,38	12,25	13,27	12,19	14,26	12,15
MnO	0,18	0,20	0,23	0,22	0,20	0,21	0,20	0,22	0,19
MgO	7,24	2,68	6,18	6,20	7,37	6,23	7,30	6,20	7,19
CaO	11,43	6,16	10,23	10,27	11,39	10,37	11,52	10,31	11,50
Na ₂ O	2,37	4,00	2,39	2,43	2,17	2,49	2,25	2,44	2,14
K ₂ O	0,10	0,45	0,11	0,09	0,09	0,11	0,09	0,07	0,07
P ₂ O ₅	0,06	0,24	0,09	0,09	0,07	0,10	0,07	0,09	0,07
SO ₃	0,26	0,16	0,41	0,41	2,68	0,40	0,08	0,22	0,34
F	0,41	<0,10	0,13	<0,10	0,24	0,17	0,23	<0,10	<0,10
Cl	0,10	0,15	<0,05	<0,05	<0,05	0,08	<0,05	<0,05	0,15
Glühv.	0,37	1,75	-0,25	-0,24	-2,63	-0,20	0,14	-0,05	0,01
g/t (ppm)									
Ag	4	3	9	6	3	7	79	4	16
As	<7	<7	6	<5	<7	<5	8	<5	<5
B	32	32	29	34	31	32	33	31	35
Ba	24	85	41	22	20	52	19	128	20
Cd	14	13	16	14	15	14	16	14	13
Ce	6	<15	<15	37	15	<15	21	17	19
Co	47	28	52	51	42	51	54	56	41
Cr	219	131	220	340	303	155	305	173	475
Cs	<5	<5	6	6	<5	<5	<5	6	5
Cu	119	15	101	108	128	115	123	122	114
Ga	13	18	20	18	13	14	19	12	18
Hf	1	<20	25	<20	2	2	<20	<20	2
La	12	9	25	34	3	33	5	33	41
Li	5	18	6	6	7	6	5	6	11
Mo	<5	<5	<5	5	<5	8	<5	<5	<5
Nb	3	<5	<5	<5	3	5	<5	<5	2
Ni	76	17	55	59	82	52	84	51	80
Pb	5	<10	<10	<10	1	<10	<10	<10	13
Rb	<5	8	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Sc	45	29	47	50	49	47	50	51	50
Sm	2				3	2			2
Sn	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Sr	108	150	81	76	76	99	74	79	75
Ta	1	<10	<10	<10	1	1	<10	<10	1
Th	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
U	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7
V	323	255	411	409	367	386	345	403	330
W	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Y	23	50	38	44	25	33	32	39	29
Yb	3	7	6	5	3	3	5	6	3
Zn	75	112	161	157	181	234	262	593	123
Zr	50	164	75	73	69	65	60	70	57

* Gesamteisen als Fe₂O₃

Tabelle 9: Chemische Zusammensetzung von hydrothermalen Sedimenten vom nordöstlichen Manus-Spreizungsrücken (Bismarck-See, Papua-Neuguinea, Westpazifik)

	7	9	14	37	41	43	54	58	63
	GTVA	GTVA	GTVA	GTVA	GTVD	GTVA	GTVA	GTVA	GTVA
Gewichtsprozent									
SiO ₂	33,67	55,90	61,07	30,65	59,14	31,65	48,24	75,61	43,65
TiO ₂	0,06	0,68	0,71	0,01	0,66	0,09	0,60	0,28	0,37
Al ₂ O ₃	1,04	13,57	14,16	<0,05	13,32	1,68	12,90	5,25	7,23
Fe ₂ O ₃ *	35,57	5,63	5,25	33,61	4,74	29,98	6,26	3,54	6,68
MnO	0,71	0,25	0,14	3,28	0,18	4,53	0,39	0,18	17,98
MgO	1,95	1,76	1,70	1,10	2,25	1,86	2,15	0,51	1,64
CaO	0,96	4,94	2,92	0,82	2,48	1,52	8,69	1,07	2,00
Na ₂ O	3,88	4,91	5,20	3,81	4,19	3,19	3,81	1,96	4,16
K ₂ O	0,94	2,43	2,56	0,70	2,14	0,78	1,73	0,97	1,70
P ₂ O ₅	<0,80	0,21	0,19	0,77	0,18	0,94	0,19	0,13	0,28
S ²⁻	0,01	0,04	0,06	0,03	0,08	0,05	0,07	0,51	0,07
SO ₄ ²⁻	0,20	0,09	0,07	0,16	0,08	0,14	0,12	0,17	0,19
SO ₃	4,08	0,34	1,62	0,85	0,19	1,87	0,49	1,32	1,48
F	0,31	<0,10	<0,10	0,26	<0,10	0,13	0,39	0,46	0,75
Cl	0,90	0,15	0,13	2,73	0,08	0,59	0,36	0,32	0,30
Glühv.	15,31	9,00	4,18	21,87	10,10	20,77	13,80	6,05	9,46
g/t (ppm)									
Ag	3	2	3	6	3	9	2	3	7
As	81	13	11	65	50	196	12	34	67
Au	8 ppb	56 ppb		27 ppb					
B	54	30	34	51	29	50	32	12	
Ba	97	447	389	229	2094	1242	434	1,90 %	1492
Cd	18	8	8	16	7	17	10	8	10
Ce	<15	20	16	26	40	19	25	104	26
Co	7	17	11	11	17	11	13	11	7
Cr	10	42	16	28	16	5	30	53	25
Cs	<5	<5	<5	1,4	<5	32	<5	<5	7
Cu	19	69	77	66	65	532	48	356	1065
Eu		1,60		0,24					
Ga	<5	14	13	<5	15	<5	14	7	<5
Hf	<20	3,40	<20	0,82	<20	<20	<20	<20	<20
Hg		8		6					
La	<5	25	10	3,20	29	<5	39	<5	7
Li	8	17	19	18	13	31	26	6	
Mo	7	<5	<5	69	<5	78	<5	<5	348
Nb	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Ni	9	12	14	22	14	31	38	20	64
Pb	11	<10	12	12	19	13	13	70	474
Rb	21	34	33	6	34	15	26	28	35
Sb		0,74		0,75					
Sc	4	16	16	1	16	3	20	6	9
Se		0,50		0,50					

Fortsetzung nächste Seite

	7	9	14	37	41	43	54	58	63
	GTVA	GTVA	GTVA	GTVA	GTVD	GTVA	GTVA	GTVA	GTVA
	g/t (ppm)								
Sm		4		1,20					
Sn	<3	<3	<3	<3	<3	<3	3	14	<3
Sr	162	350	255	140	289	344	441	345	447
Ta	<10	0,20	<10	15	<10	<10	<10	<10	<10
Tb		0,98		0,19					
Th	<10	1,80	13	15	<10	11	<10	<10	27
U	14	1,80	<7	3,30	<7	<7	<7	<7	<7
V	39	88	94	42	92	116	142	45	127
W	11	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Y	12	34	31	4	34	9	28	12	15
Yb	2	3	5	2	3	2	3	1	
Zn	88	77	135	514	244	0,18 %	125	0,22 %	0,91 %
Zr	19	122	141	9	125	24	89	72	77

* Gesamteisen als Fe₂O₃

Tabelle 10: Chemische Zusammensetzung von rezenten hydrothermalen Komplexmassivsulfidieren aus Hydrothermalfeld 1 "Wienerwald" und Hydrothermalfeld 2 (Bismarck-See, Papua-Neuguinea, Westpazifik)

	2	13	22	27	28	35	47	57	66
	GTVA	GTVA	GTVA	GTVA	GTVA	GTVA	GTVA	GTVA	GTVA
	Gewichtsprozent								
Cu	1,34	0,28	3,10	1,45	1,22	2,09	5,31	0,90	2,38
Fe*	11,31	8,76	9,39	11,42	7,33	10,29	8,43	5,72	5,71
Pb	0,43	0,54	0,09	0,66	0,18	0,08	0,04	0,53	0,03
Zn	10,48	10,20	46,81	26,50	40,38	40,44	43,78	45,17	51,36
SiO ₂	38,41	50,12	3,03	20,89	17,19	10,77	6,85	12,76	5,27
TiO ₂	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Al ₂ O ₃	1,13	0,47	0,96	1,03	0,65	0,73	0,32	0,94	0,82
MnO	0,10	0,08	0,07	0,18	0,04	0,10	0,03	0,11	0,04
MgO	0,05	0,11	0,04	0,04	0,03	0,05	0,05	0,09	0,06
CaO	0,11	0,16	0,15	0,15	0,05	0,06	0,09	0,22	0,10
Ba	0,12	0,41	0,19	2,34	0,14	83 g/t	0,07	0,70	130 g/t
Na ₂ O	0,30	0,49	0,38	0,52	0,57	0,85	0,06	0,43	0,16
K ₂ O	0,09	0,13	0,06	0,11	0,06	0,06	0,05	0,07	0,05
P ₂ O ₅	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
SO ₃	0,35	0,66	0,62	1,76	0,16	0,09	0,27	0,81	0,35
F	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,50	0,14	<0,10	<0,10
Cl	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,35	0,35	0,19
Glühv.	27,82	20,70	19,43	20,10	17,70	18,67	19,56	17,69	18,14

* Gesamteisen als Fe

Fortsetzung nächste Seite

	2	13	22	27	28	35	47	57	66
	GTVA	GTVA	GTVA	GTVA	GTVA	GTVA	GTVA	GTVA	GTVA
	g/t (ppm)								
As	261	168	252	395	232	157	130	807	264
B	30	17	54	38	46	51	52	49	54
Cd	498	272	1699	1214	1685	1517	1930	1236	1806
Ce	19	26	52	261	47	25	75	123	48
Co	6	8	15	8	11	53	9	7	7
Cr	21	175	113	17	41	18	18	11	40
Cs	11	10	48	36	34	33	44	48	49
Ga	28	33	93	94	95	76	83	55	94
Hf	<20	<20	31	60	36	27	87	<20	<20
La	<5	10	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Li	1	1	1	2	2	1	1	1	
Mo	296	78	141	190	67	196	124	68	134
Nb	<5	<5	<5	<5	<5	5	<5	<5	<5
Ni	19	13	65	23	17	23	16	21	22
Rb	<5	5	6	7	15	10	15	<5	12
Sc	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sn	<3	<3	<3	<3	<3	<3	5	<3	<3
Sr	63	92	129	1459	73	8	40	316	45
Ta	<10	<10	<10	<10	<10	18	44	<10	<10
Th	<10	<10	27	<10	<10	13	35	<10	<10
U	<7	<7	18	8	19	<7	22	19	12
V	31	16	12	178	18	21	30	16	34
W	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Y	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Yb	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Zr	13	6	9	9	5	8	3	19	5

Tabelle 11: Edelmetallgehalte in rezenten hydrothermalen Komplexmassivsulfiderzen aus Hydrothermalfeld 1 "Wienerwald" und Hydrothermalfeld 2 (Bismarck-See, Papua-Neuguinea, Westpazifik)

	Gold		Silber	
	oz/t	g/t (ppm)	oz/t	g/t (ppm)
2 GTVA-1	0,460	15,78	8,93	307,19
2 GTVA-2	0,770	26,41	30,20	1035,86
5 GTVA	0,074	2,54	2,41	82,66
12 GTVA	0,170	5,89	6,94	238,74
13 GTVA	1,530	52,50	9,69	332,00
15 GTVA	0,280	9,60	9,96	341,63
16 GTVA	0,140	4,82	2,93	100,79
17 GTVA	0,250	8,58	7,34	251,76
18 GTVA	0,140	4,82	2,89	99,42
20 GTVA	0,130	4,47	2,90	99,76
22 GTVD	0,330	11,35	7,81	268,66
25 GTVA	0,220	7,55	8,00	274,40
26 GTVA	0,110	3,80	3,91	134,00
27 GTVA	0,230	7,89	7,72	264,80
28 GTVA	0,630	21,67	9,69	333,34
32 GTVA	0,150	5,15	6,42	220,21
33 GTVA	0,380	13,03	5,51	188,99
34 GTVA	0,300	10,29	7,90	270,97
35 GTVA	0,710	24,42	9,42	324,05
41 GTVD	0,100	3,43	0,72	24,70
42 GTVD	0,140	4,82	2,50	86,00
44 GTVA	0,130	4,47	2,89	99,42
45 GTVA	0,700	24,01	18,70	641,41
47 GTVA	0,075	2,58	1,58	54,35
48 GTVA	0,078	2,70	1,85	63,50
49 GTVA	0,330	11,35	9,12	312,82
50 GTVA	0,130	4,47	1,56	53,66
53 GTVA	0,110	3,80	3,65	125,00
55 GTVA	0,100	3,44	2,82	97,01
56 GTVA	0,330	11,35	4,86	167,18
57 GTVA	0,440	15,14	12,40	426,56
58 GTVA	0,280	9,60	19,10	655,13
59 GTVA	0,110	3,78	2,06	70,86
65 GTVA	0,068	2,34	1,83	62,95
66 GTVA	0,066	2,27	0,63	21,67
8 D	0,360	12,38	4,94	169,94

Tabelle 12: Faunenliste geborgener Proben aus Hydrothermalfeld 1 "Wienerwald" im Manus-Becken (Bismarck-See, Papua-Neuguinea, Westpazifik)

Stamm Porifera (Schwämme)

Klasse Hexactinellida (Glasschwämme)

Klasse Demospongiae (Gemeinschwämme)

Stamm Cnidaria (Nesseltiere)

Klasse Anthozoa, Octocorallia

Ordnung Gorgonaria

Candidella spec.? (Hornkoralle)

Klasse Anthozoa, Hexacorallia

Ordnung Actinaria (Seeanemone)

Klasse Scyphozoa

Ordnung Coronata

Familie Ephyropsidae

Stephanoscyphus cf. *racemosus* KOMAI (Tiefseequalle)

Klasse Hydrozoa

Ordnung Hydroidea

Indet. spec. (Hydropolyp)

Ordnung Siphonophora (Staatsquallen)

Familie Rhodalidae

Thermopalia spec. (Hydropolypenkolonie)

Stamm Tentaculata (Tentakelträger)

Klasse Bryozoa (Moostierchen)

Reteporellina cf. *denticulata*

Stamm Echinodermata (Stachelhäuter)

Klasse Holothurioida

Familie Chirodotidae

Chirodota n. spec. (sessile Seegurke)

Stamm Annelida (Ringelwürmer)

Klasse Polychaeta (Meeresborstenwürmer)

Familie Alvinellidae

Paralvinella hessleri DESBRUYÈRES & LAUBIER, 1989 (sessiler/vagiler Meeresborstenwurm)

Familie Ampharetidae

Amphisamytha galapagensis ZOTTOLI, 1983 (sessiler Meeresborstenwurm)

Familie Syllidae

Sphaerosyllis spec.?

Familie Polynoidae

Thermopolynoe branchiata MIURA, 1994 (vagiler Schuppenwurm)

Opisthotrochopodus segonzaci MIURA & DESBRUYÈRES, 1995 (vagiler Schuppenwurm)

Familie Serpulidae

Indet. spec.

Stamm Arthropoda (Gliederfüßer)

Klasse Crustacea

Ordnung Leptostraca

Dahlella spec.?

- Ordnung Cirripedia (Rankenfüßer bzw. Seepocken)
 Familie Pachylasmatidae
 Eochionelasmus ohtai YAMAGUCHI & NEWMAN, 1990
 Familie Neoverrucidae
 Neoverruca spec.
 Indet. spec.
- Ordnung Amphipoda
 Gammaridea
 Indet. spec.
- Laemodipodea
 Familie Caprellidae
 Indet. spec.
- Ordnung Decapoda
 Familie Bresiliidae
 Chorocaris vandoverae MARTIN & HESSLER, 1990 (Garnele)
- Familie Galatheidae
 Munidopsis cf. *marianica* WILLIAMS & BABA, 1990 (Sprungkrebs bzw. anomurer Krebs)
- Familie Bythograeidae
 Austinograea alayseae GUINOT, 1989 (blinde Krabbe)
- Stamm Mollusca (Weichtiere)
 Klasse Gastropoda
- Ordnung Archaeogastropoda (Napfschnecken)
- Familie Neomphalidae
 Symmetromphalus hageni L. A. BECK, 1992 n. spec.
- Familie Lepetodrilidae
 Lepetodrilus schrolli L. A. BECK, 1993 n. spec.
- Familie Phenacolepadidae
 Shinkailepas tufari L. A. BECK, 1992 n. spec.
 Olgasolaris tollmanni L. A. BECK, 1992 n. gen. et n. spec.
- Familie Fissurellidae
 Pseudorimula n. spec.
 Indet. spec.
- Familie Clypeosectidae
 Clypeosectus n. spec.
- Ordnung Mesogastropoda
- Familie Provannidae?
 Alviniconcha cf. *hessleri* OKUTANI & OHTA, 1988 (behaarte Schnecke)
 Olgaconcha tufari L. A. BECK, 1991 n. gen. et n. spec. (schwarze Schnecke)
 Provanna n. spec.
- Ordnung Neogastropoda
- Familie Turridae
 Phymorrhynchus cf. *castanea*

Tabelle 13: Chemische Zusammensetzung von rezenten hydrothermalen Komplexmassivsulfiderzen vom Tiefseeberg Palinuro in der Tyrrhenis

	5/1	5/2	6/2	8	10/1	10/2	11	12/2	14
Gewichtsprozent									
Cu	0,25	0,26	0,50	0,73	0,41	0,42	0,63	0,24	0,60
Fe*	19,94	19,56	10,61	9,99	22,34	23,19	13,86	16,41	14,76
Pb	4,60	4,49	12,91	20,25	6,17	5,95	8,67	3,90	11,85
Zn	16,35	16,92	13,90	22,62	11,74	15,24	12,31	10,35	7,35
SiO ₂	0,17	0,23	0,18	0,10	0,32	0,34	0,17	0,19	0,45
TiO ₂	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Al ₂ O ₃	0,41	0,33	0,38	0,39	0,43	0,36	0,78	0,45	0,65
MnO	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02
CaO	0,02	0,02	0,03	0,06	0,04	0,04	0,05	0,03	0,05
Ba	13,12	13,44	21,97	9,65	12,07	12,76	23,31	25,61	22,40
Na ₂ O	0,52	0,61	-	-	2,41	-	1,50	-	1,61
K ₂ O	0,07	0,07	0,05	0,07	0,09	0,06	0,07	0,04	0,07
P ₂ O ₅	0,02	0,01	0,01	-	0,01	0,03	0,02	0,01	0,01
SO ₃	8,50	8,40	15,59	10,92	7,46	8,15	15,24	15,56	15,90
Glühv.	20,39	20,13	10,75	11,50	20,94	20,39	12,58	15,83	13,10
g/t (ppm)									
Ag			630			1270		465	
As			5540			5540		4570	
Bi			49			1		5	
Cd			1250			2820		1550	
Ga			65			702		55	
Ge			46			34		20	
Hg	5950	6700	785	265	2520	2630	960	455	360
In			3			15		2	
Mo			192			78		128	
Sb			1750			1000		525	
Se			<1			<1		<1	
Te			17			4		5	
Tl			62			19		25	

* Gesamteisen als Fe

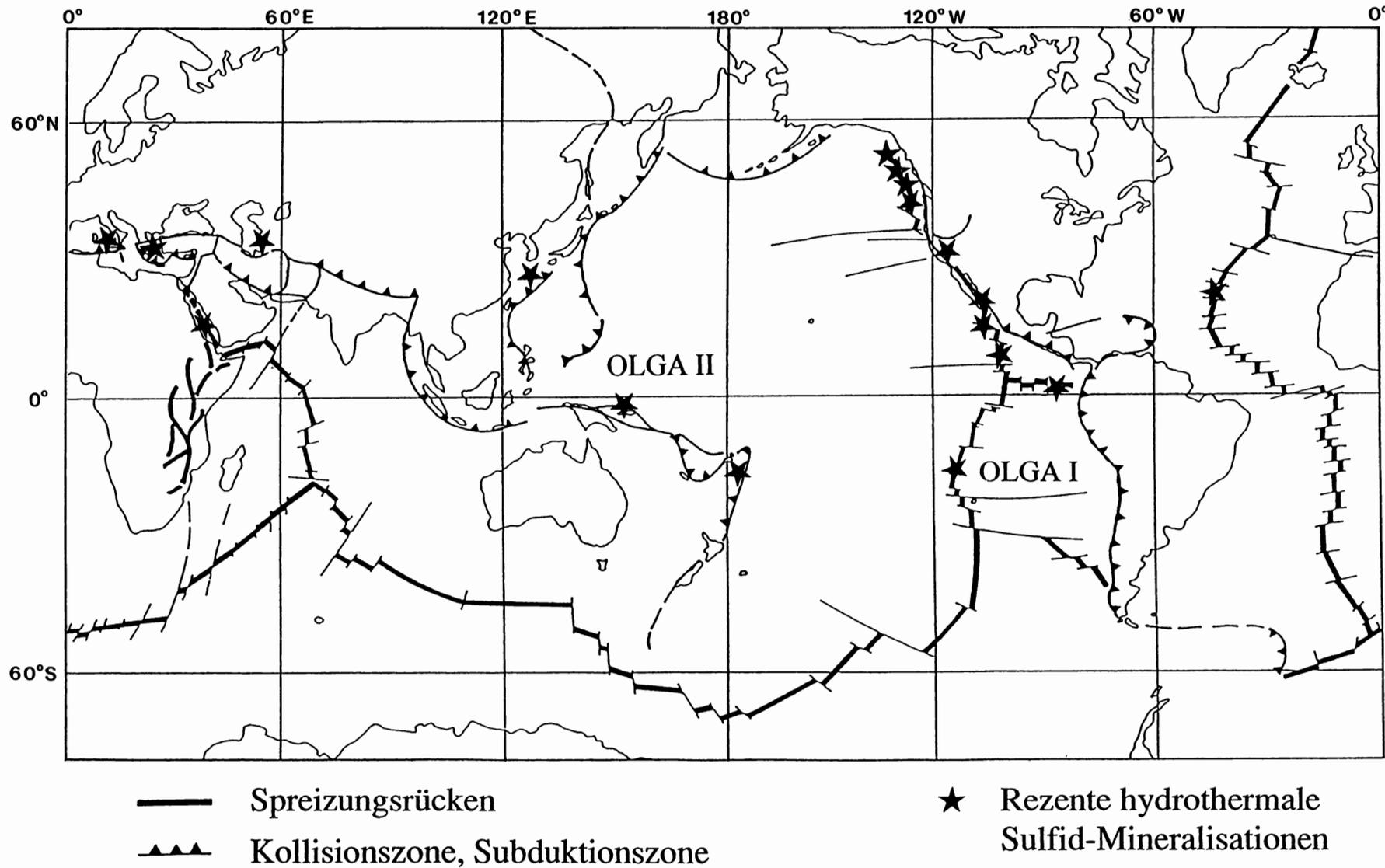


Abb. 1: Rezente hydrothermale Sulfid-Vorkommen (schwarze Sternchen) an aktiven Spreizungsrücken.



Abb. 2: Forschungsschiff „Sonne“ auf Reede vor der Osterinsel.

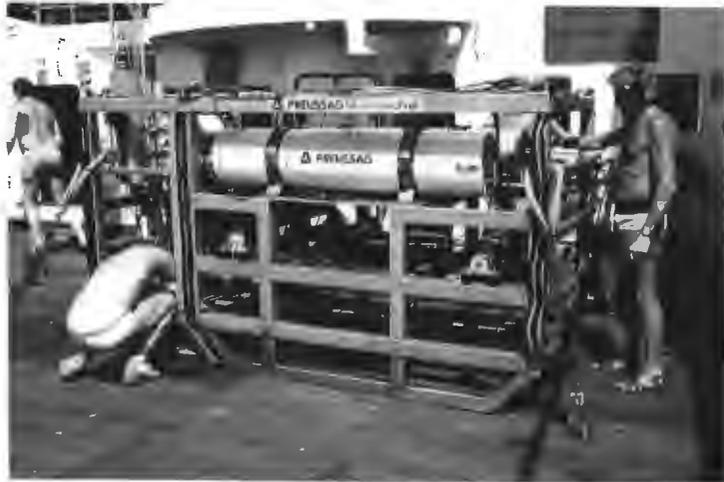


Abb. 3: Fernseh-Schlitten (Kompakt-OFOS - Ocean Floor Observation System) wird für den Einsatz vorbereitet.



Abb. 4: Elektrohydraulische Fernseh-Greifer GTVA (links) und GTVD (Polypgreifer, rechts), vorbereitet für den Einsatz. Im Hintergrund sind zwei Vulkankegel auf Rabaul (Neubritannien, Papua-Neuguinea) zu erkennen.

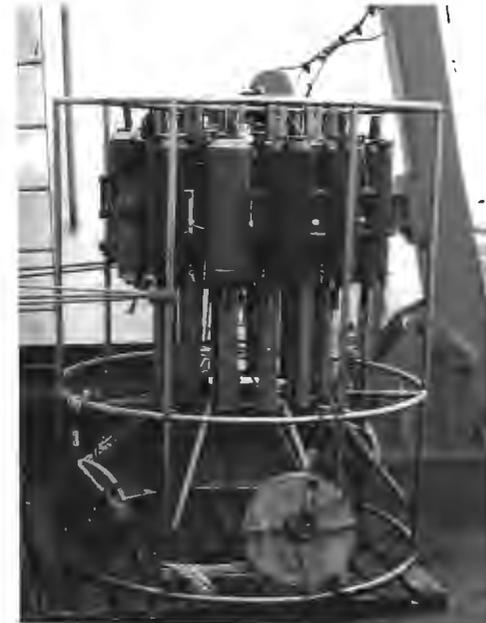


Abb. 5: Kranzwasserschöpfer mit integrierter Multisonde zur Wasserprobennahme und physikalischen Charakterisierung der Wassersäule.



Abb. 6: Runde Kettensack-Dredge wird nach erfolgter Probennahme am Tiefseeboden an Bord entleert.



Abb. 7: Positionierungssender (Transponder) mit Auftriebskörper, Sender, Notlicht und Peitsche sowie Signalflagge, vorbereitet für den Einsatz in der Tiefsee.

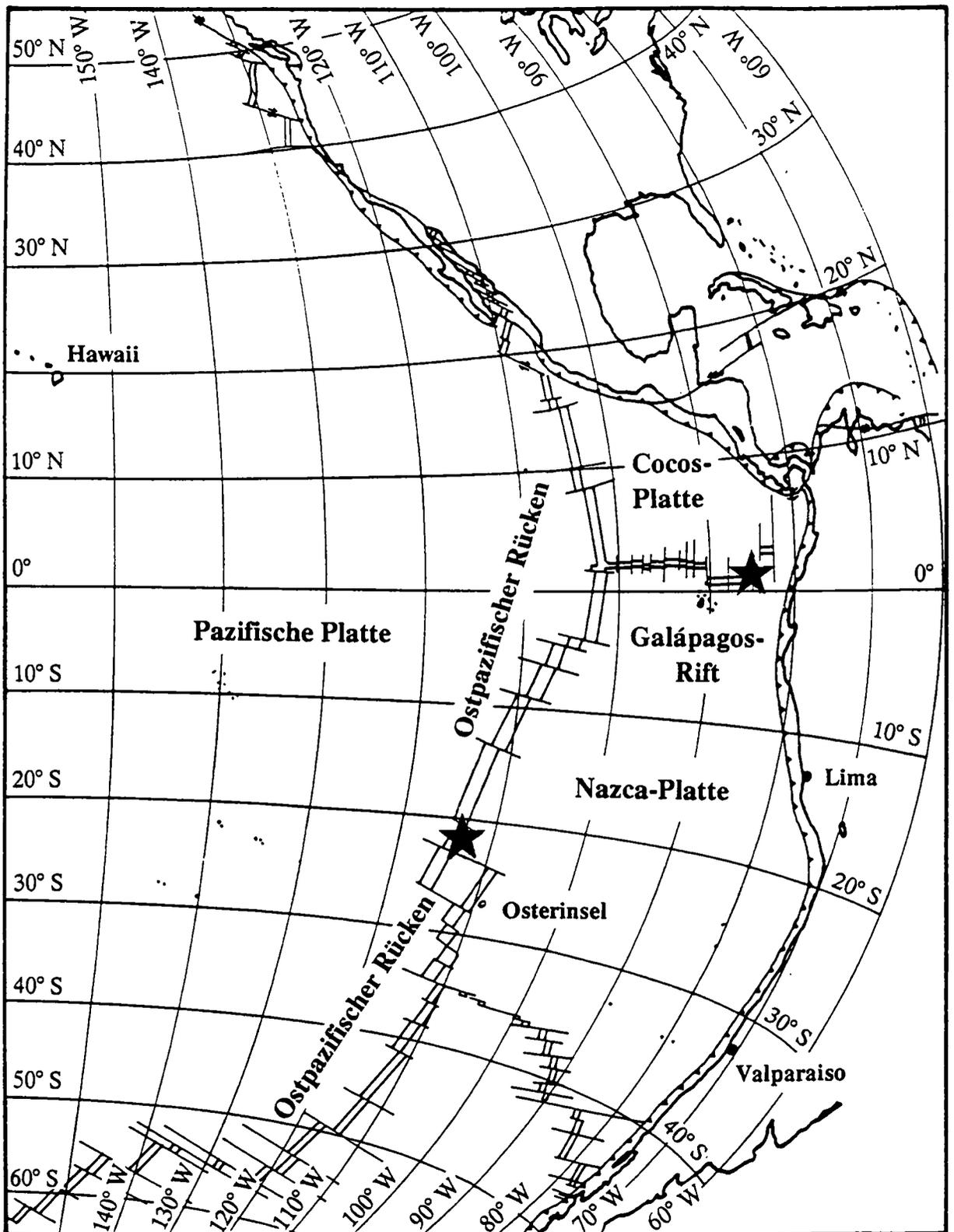


Abb. 8: Der Ostpazifische Rücken mit Lage der Komplexmassivsulfiderz-Lagerstätte bei $21^{\circ} 30' S$ (Arbeitsgebiet von OLGA I - schwarzes Sternchen) und der quer verlaufende Galápagos-Rift mit Lage der Komplexmassivsulfiderz-Vorkommen bei $85^{\circ} 51' W$ und $85^{\circ} 55' W$ (ebenfalls schwarzes Sternchen).

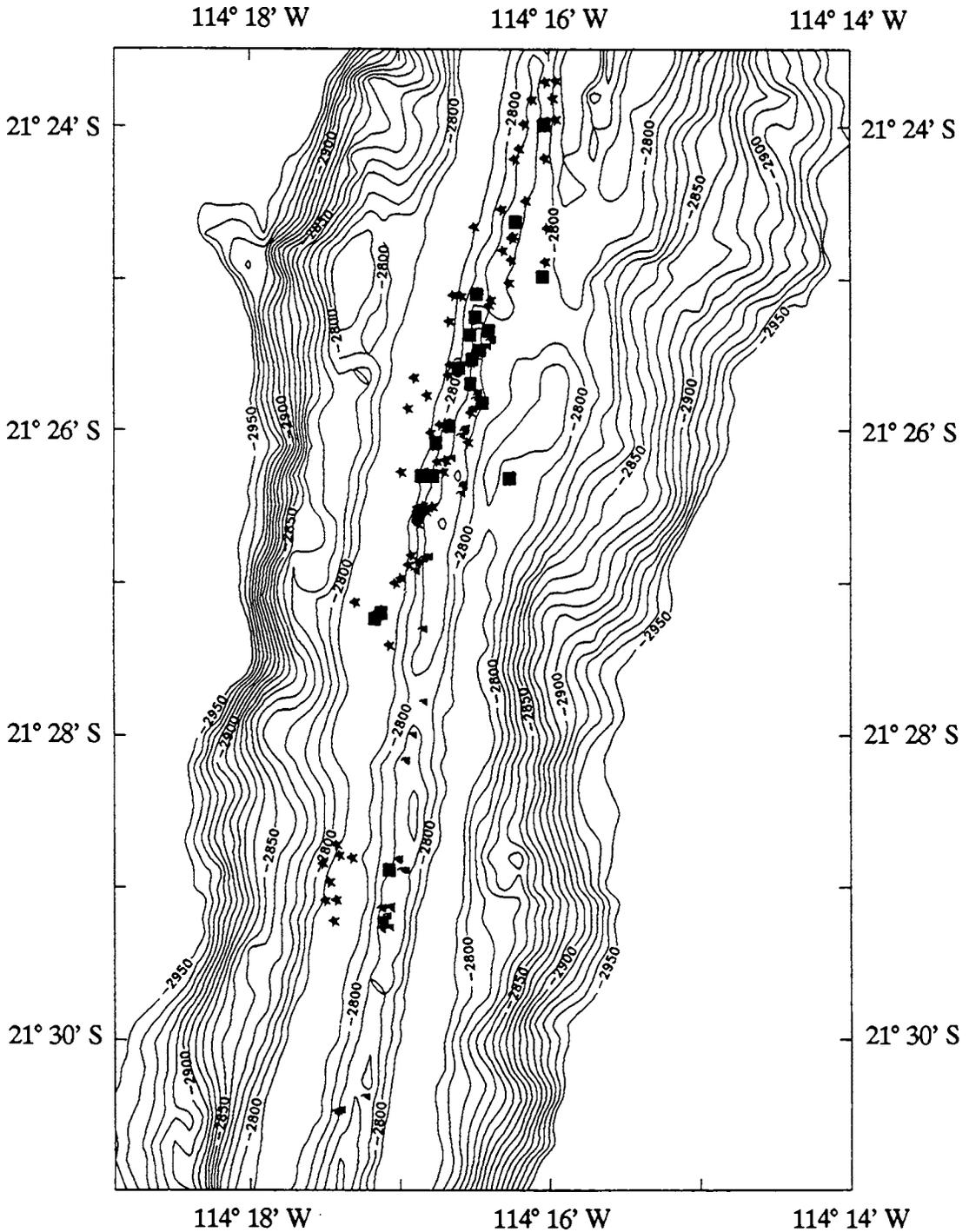


Abb. 9: Ozeanbodenkarte des Ostpazifischen Rückens bei 21° 30' S mit Verteilung von Komplexmassivsulfiderz-Mineralisationen (schlotförmige Erzkörper, Schornsteingruppen, flächige Erzkörper, Erzkrusten usw.). Schwarze Quadrate: beprobtes Vorkommen von Komplexmassivsulfiderz, schwarze Sternchen: nachgewiesenes Hydrothermalfeld mit Komplexmassivsulfid-Erzkörpern - Positionierung mit Transponder-Navigation, schwarze Dreiecke: Hydrothermalfeld mit Komplexmassivsulfid-Erzkörpern - Positionierung mit GPS-Navigation (Global Positioning System). Basierend auf Transponder-Navigation wurde der Bereich zwischen 21° 23,7' S und 21° 27,2' S systematisch aufgenommen und erfasst. Darüber hinausgehende, orientierende Übersichtsbefahrungen bis 21° 29' S zeigen eine Fortsetzung der Lagerstätte bzw. Komplexmassivsulfiderz-Mineralisation. In diesem Bereich sind jedoch nur einige wenige Erzkörper erfasst, deren Positionierung trotz fehlender Transponder-Navigation zuverlässig durchzuführen war (gilt ebenso für Abb. 10).

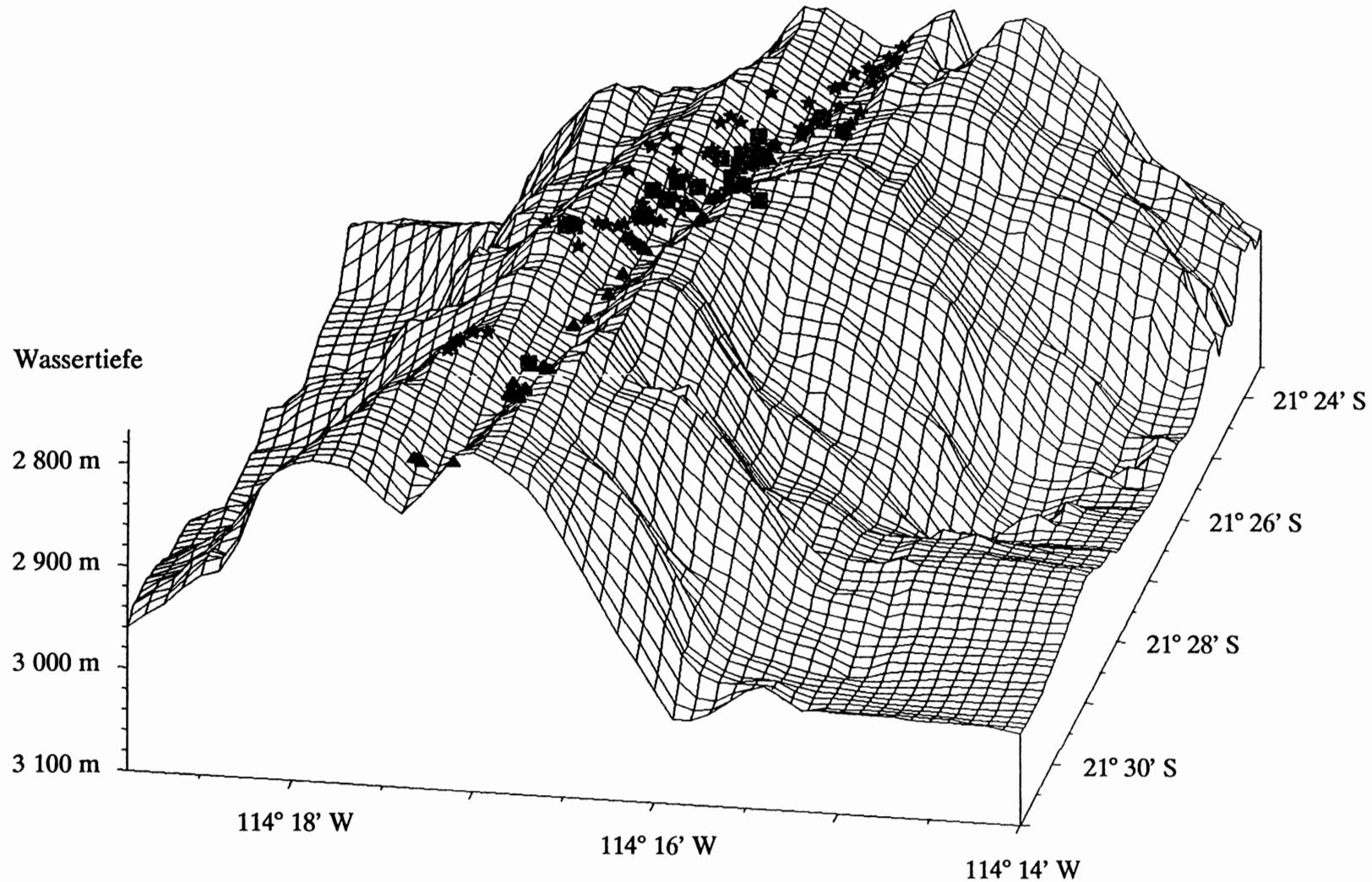


Abb. 10: 3-D-Darstellung der Aufwölbung des Ostpazifischen Rückens von $21^{\circ} 24' S$ bis $21^{\circ} 31' S$ und $114^{\circ} 14' W$ bis $114^{\circ} 19' W$, mit deutlich erkennbarem, annähernd symmetrischem Bau und Verteilung der Komplexmassivsulfiderze im Zentralgraben (Wassertiefe um 2 800 m). Schwarze Quadrate: Probennahme im Hydrothermalfeld, schwarze Sternchen: Hydrothermalfeld mit Gruppe von Komplexmassivsulfiderzkörpern - Positionierung mit Transponder-Navigation, schwarze Dreiecke: Hydrothermalfeld mit Gruppe von Komplexmassivsulfiderzkörpern - Positionierung mit GPS-Navigation (Global Positioning System).



Abb. 11: OLGA I - OFOS - 6 - 200. Ostpazifischer Rücken, 21° 25,70' S, 114° 16,65' W, Wassertiefe 2 811 m. Plattige, z. T. lappige Lava mit eingebrochenem Lavatunnel. Deutlich ist in diesem das eingebrochene Gewölbedach und die Bildung einer „Kollapsbreccie“ zu erkennen. Gelegentlich finden sich kleine Seeanemonen (Anthozoen). Der Instrumentenkorb mit Kompaß weist einen Durchmesser von 26 cm auf und vermittelt einen Größenvergleich (gilt ebenso für Abb. 14 - 17 a, 31 -34, 42, 55 - 58, 63, 68, 71 - 72, 89 b, 90).



Abb. 12: OLGA I - 19 D. Ostpazifischer Rücken zwischen 21° 25,14' S, 114° 82' W, 2 811 und 21° 25,2' S, 114° 15,3' W, Wassertiefe um 2 800 m. Plattige Tholeiitlava mit glasiger Rinde auf der Oberseite und typischen Lavastalaktiten (Tropfstein-Textur) auf der Unterseite, darauf Anflug von hydrothermale Manganhydroxid. Stellenweise ist auf der Unterseite außerdem ein wenig Eisenhydroxid zu beobachten, das geopetal, entlang feiner Risse und Sprünge, von der Oberseite durchgedrungen ist.

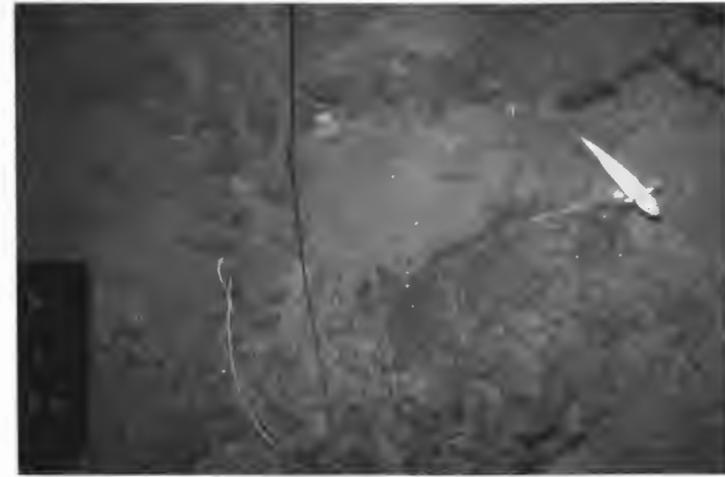


Abb. 13: OLGA I - OFOS 110 - 246. Ostpazifischer Rücken, 21° 24,94' S, 114° 16,41' W, Wassertiefe 2 811 m. Ausschnitt aus lappiger Lava, die teilweise ein wenig Sediment, vorherrschend hydrothermalen Ursprungs, aufweist und gelegentlich Bewuchs von Seelilien (Crinoiden) sowie von einer kleinen weißen Seeanemone (Anthozoe) zeigt. Über der lappigen Lava steht ein weißer Fisch, ein typischer Vertreter der Hydrothermalfauna. Er läßt zwei Augen erkennen.



Abb. 14: OLGA I - OFOS 39 - 46. Ostpazifischer Rücken, 21° 25,46' S, 114° 16,56' W, Wassertiefe 2 804 m. Detail aus Zentralgraben mit prächtig entwickelter Stricklava. In Zwickeln liegt geringe Bedeckung mit Sediment vor, das vorherrschend hydrothermalen Ursprungs ist. Links neben Instrumentenkorb mit Kompaß ist eine schwimmende Garnele zu beobachten.

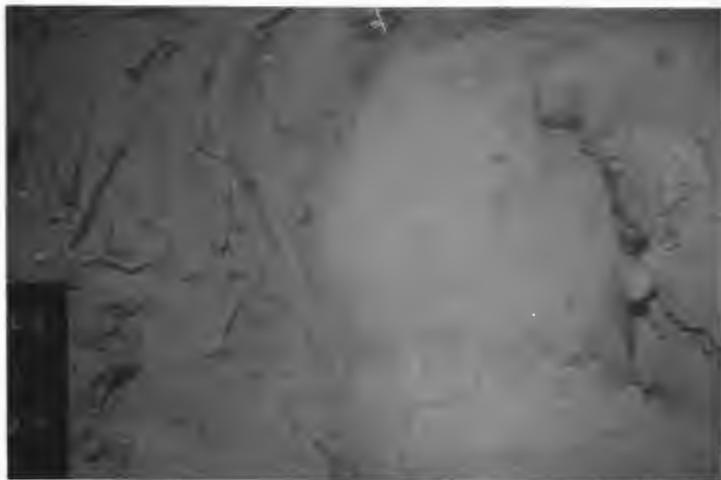


Abb. 15: OLGA 1 - OFOS 95 - 170. Ostpazifischer Rücken, 21° 24,44' S, 114° 15,98' W, Wassertiefe 2 806 m. Stricklava am Kontakt zu Lavakissen, auf denen sich vereinzelt kleine dunkle Seeanemonen (Anthozoen) finden. Auf der Stricklava sind dagegen manchmal kleine weiße Seeanemonen (Anthozoen) zu sehen. Stellenweise findet sich ein wenig Sediment, das teilweise hydrothermalen Ursprungs ist und örtlich mäandrierende Kriechspuren („Helminthoideen“) aufweist.

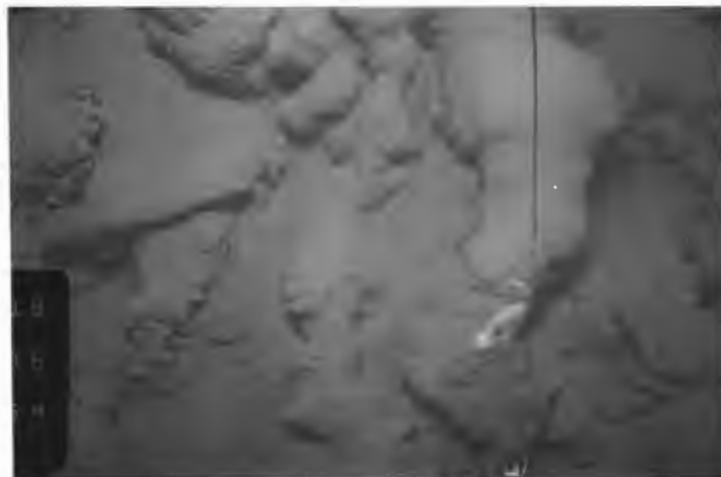


Abb. 16: OLGA 1 - OFOS 69 - 319. Ostpazifischer Rücken, 21° 25,07' S, 114° 15,66' W, Wassertiefe 2 844 m. Charakteristische Kissenlava, die stellenweise Ausstülpungen und gelegentlich Strömung aufweist. Die Lavakissen zeigen Bedeckung mit ein wenig Sediment, das zum Teil hydrothermalen Ursprungs ist. Im Sediment finden sich örtlich (linke obere Bildecke) Kriechspuren. Oberhalb des Instrumentenkorb mit Kompaß ist ein kaulquappenförmiger Fisch, ein typischer Vertreter der Hydrothermalfauna, zu beobachten.

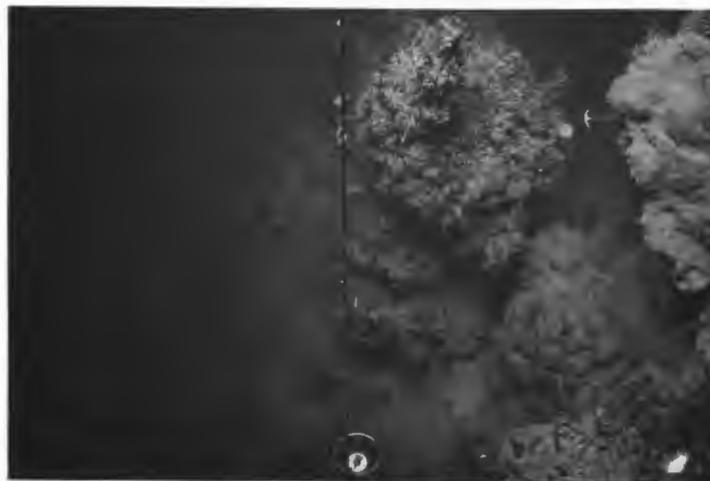


Abb. 17 a

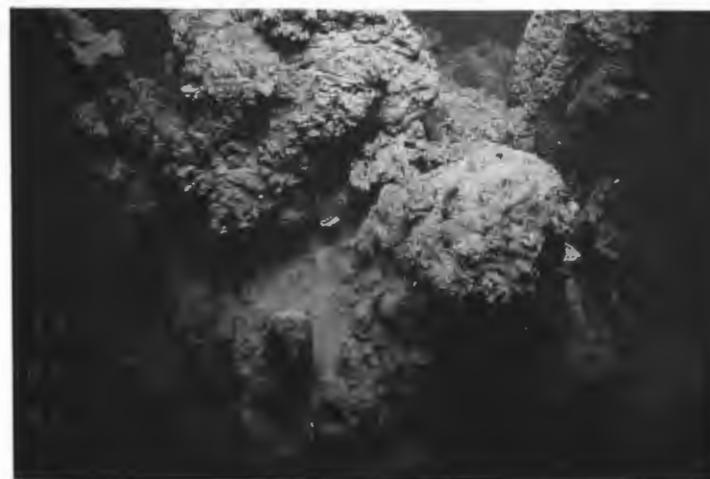


Abb. 17 b

Abb. 17: OLGA 1 - OFOS 15 - 371 (Abb. 17 a) - OFOS -13 - 235 (Abb. 17 b). Ostpazifischer Rücken, 21° 29,26' S, 114° 17,11' W, Wassertiefe 2 794 m (Abb. 17 a), 21° 26,83' S, 114° 16,80' W, Wassertiefe 2 795 m (Abb. 17 b). Ausschnitte aus Gruppen von Komplexmassivsulfid-Schornsteinen, die randlich teilweise Röhren von Polychaeten (Meeresborstenwürmern) eingebettet enthalten und gelegentlich Bewuchs von weißen Seeanemonen (Aktinien, Abb. 17 a) und Seelilien (Crinoiden) aufweisen. Stellenweise zeigen die Schwarzen Raucher etwas Bedeckung mit hydrothermale (Erz-) Sediment.



Abb. 18: OLGA I - OFOS 106 - 370. Ostpazifischer Rücken, 21° 26,61' S, 114° 16,87' W, Wassertiefe 2 793 m. Fuß eines mächtigen Komplexmassivsulfiderz-Schornsteines auf Lava-Blockschutt, der vereinzelt Bewuchs mit kleinen weißen Seeanemonen (Anthozoen) zeigt. Darüber schwimmt ein heller Fisch (Mitte rechter Bildrand), ein weiterer, weißer, aalförmiger Fisch nahe am Fuß des Schwarzen Rauchers (rechter, unterer Bildrand), beides typische Vertreter der Hydrothermalfauna. Ein seitlicher Komplexmassivsulfiderz-Schornstein (rechte, obere Bildhälfte) zeigt randlich Einbettung von Polychaeten-Röhren (Meeresborstenwürmer), einige weiße Exemplare von vermutlich Seegurken (Holothurien) und stellenweise ein wenig Bedeckung mit hydrothermale (Erz-) Sediment.

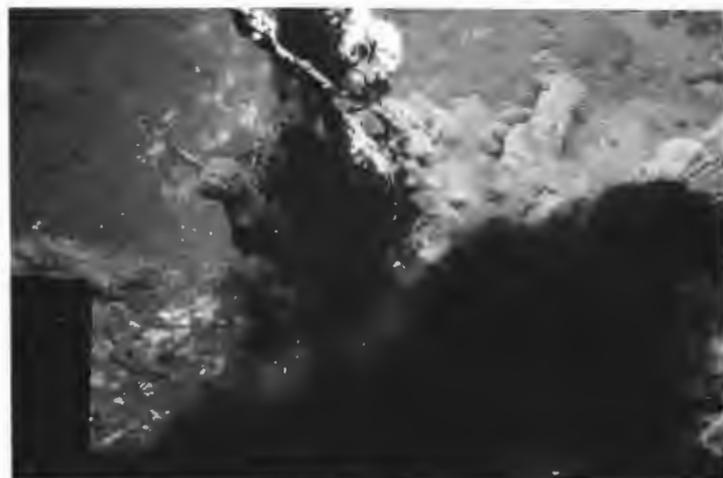


Abb. 19: OLGA I - OFOS 15. Ostpazifischer Rücken, 21° 29' S, 114° 17' W, Wassertiefe 2 815 m. Krusten und Schornsteine von Komplexmassivsulfiderz bedecken den Boden des Zentralgrabens, daneben finden sich gelegentlich Ausfällungen von Opal-Gangart. Die aus einem Schwarzen Raucher ausströmende hydrothermale Lösung läßt mehrere Austrittsstellen erkennen und färbt sich am Kontakt mit dem Ozeanwasser durch Fällung von feinsten Sulfiden sofort dunkel.



Abb. 20 a



Abb. 20 b

Abb. 20: OLGA I - 78 GTVA. Ostpazifischer Rücken, 21° 27,230' S, 114° 17,163' W, Wassertiefe 2 779 m. Größeres Bruchstück eines kupferreichen Komplexmassivsulfiderz-Schornsteines. Randlich enthält der Schwarze Raucher reichlich Röhren von Meeresborstenwürmern (Polychaeten) im Erz eingebettet und zeigt Anflug von Eisenhydroxid. Im Querschnitt (Abb. 20 b) ist deutlich ein annähernd zentraler Zufuhrkanal der hydrothermalen Lösung im mehr kompakten, zonaren kupfer- und eisensulfidreichen Erz zu erkennen.

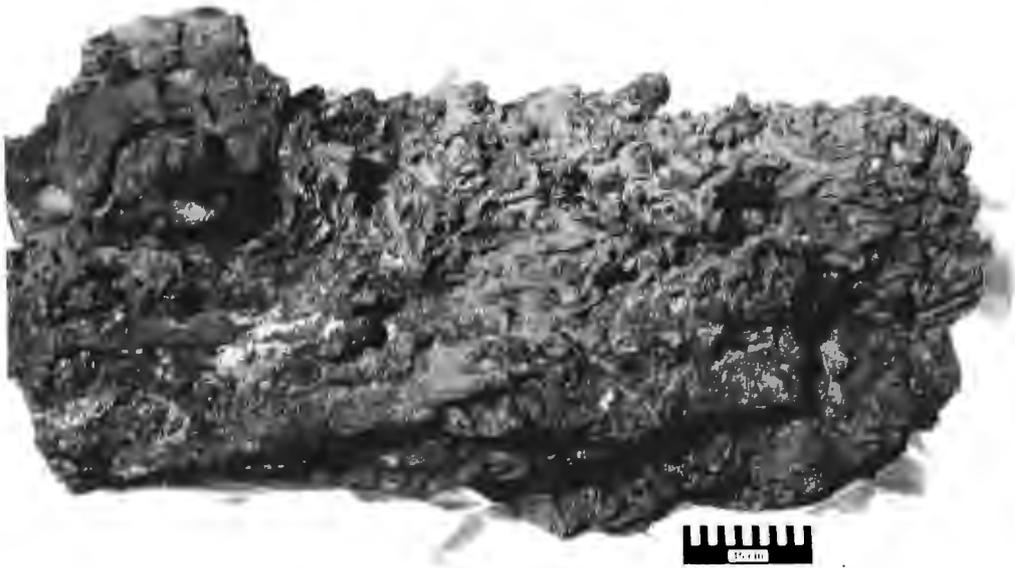


Abb. 21 a

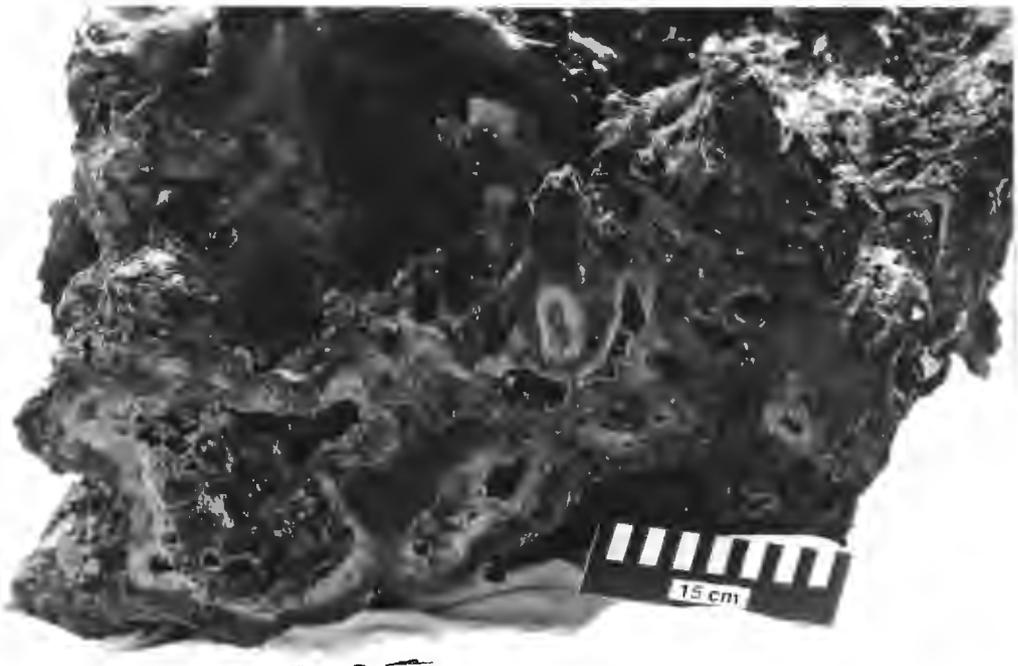


Abb. 21 b

Abb. 21: OLGA I - 123 GTVA. Ostpazifischer Rücken, $21^{\circ} 25,941' S$, $114^{\circ} 16,651' W$, Wassertiefe 2 804 m. Großes Bruchstück eines Schwarzen Rauchers, der randlich reichlich in Erz eingebettete Röhren von Meeresborstenwürmern (Polychaeten) beobachten läßt. Im Querschnitt (Abb. 21 b) zeigt der Komplexmassivsulfiderz-Schornstein eine Reihe von senkrecht den Schwarzen Raucher durchziehenden Zufuhrkanälen der hydrothermalen Lösung, die jeweils einen sehr deutlichen Zonarbau ausgebildet haben. Zumeist zeigen die Zufuhrkanäle zentral kupferreiche Zonen, gegen außen folgen mehr zinksulfidreiche Füllungen.

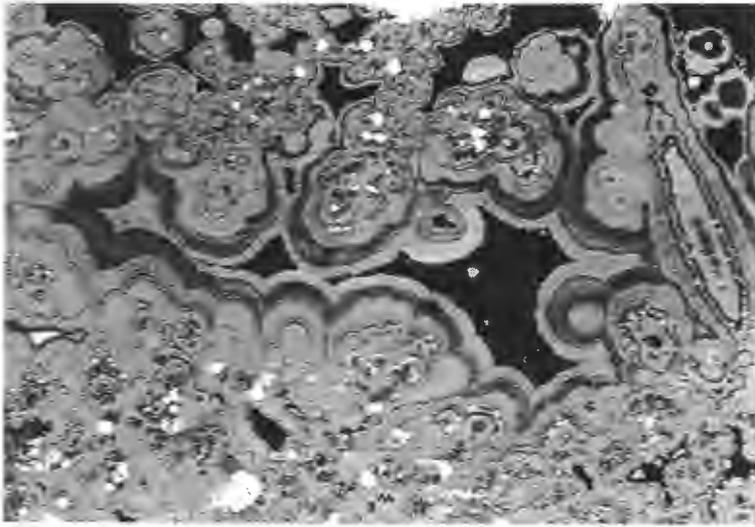


Abb. 22: Probe OLGA I - 138 GTVA. Ostpazifischer Rücken, 21° 26,304' S, 114° 16,852' W, Wassertiefe 2 782 m.

Schalenblende (mittelgrau bis dunkelgrau), darin gelegentlich Chalkopyrrhotin und etwas Pyrit (beide hellgrau, fast weiß, in Abb. nicht unterscheidbar), läßt in ihren rhythmisch konzentrisch-schaligen kolloidalen Massen durch unterschiedliches Reflexionsvermögen prächtigen Zonarbau erkennen. Opal-Gangart, natürliche Porenhohlräume (beide schwarz).

Anschliff, Ölimmersion, Vergr.: 200 x.

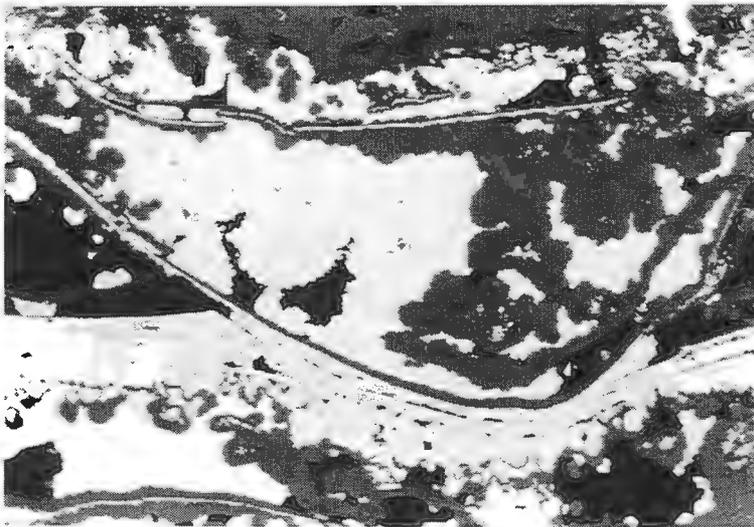


Abb. 23: Probe OLGA I - 138 GTVA. Ostpazifischer Rücken, 21° 26,304' S, 114° 16,852' W, Wassertiefe 2 782 m.

Rhythmische, kolloidale Massen aus krustig-lagigem, traubig nierigem und konzentrisch-schaligem bis radialstrahligem Pyrit, Melnikovitpyrit (alle hellgrau), "Zwischenprodukt" (hellgrau bis mittelgrau) und Markasit (ebenfalls hellgrau) mit krustig-schaliger bis traubig-nieriger und konzentrisch-schaliger Schalenblende (mittelgrau) zeigen plastische Verformung und Belastungsmarke („load cast“). Opal-Gangart, natürliche Porenhohlräume (beide schwarz).

Anschliff, Ölimmersion, Vergr.: 80 x.

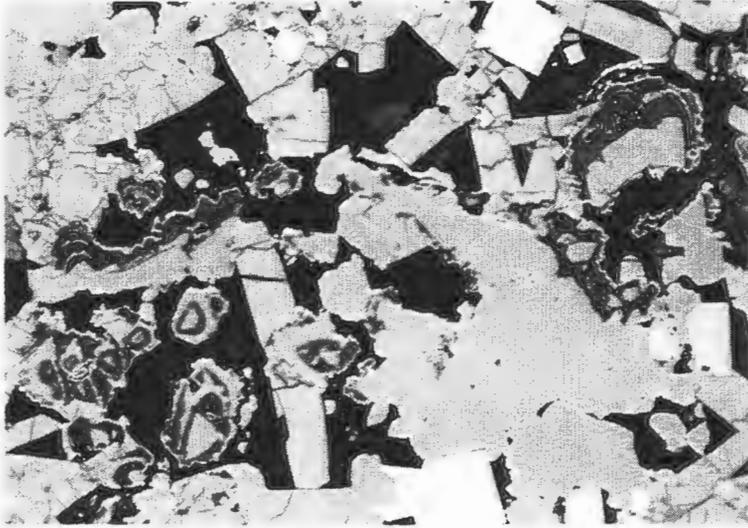


Abb. 24: Probe OLGA I - 55 GTVA. Ostpazifischer Rücken, $21^{\circ} 26,245' S$, $114^{\circ} 16,851' W$, Wassertiefe 2 788 m. Chalkopyrrhotin (mittelgrau) mit feiner Kupferkies-Entmischung (hellgrau) zeigt randlich feintrhythmische Wechselfolgen mit Schalenblende (dunkelgrau) und Aufwachsungen von idiomorphem, tafelig nach $\{0001\}$ entwickeltem Magnetkies (ebenfalls mittelgrau) sowie Pyrit (hellgrau, fast weiß). Opal-Gangart, natürliche Porenhohlräume (beide schwarz).
Anschliff, Ölimmersion, Vergr.: 325 x.

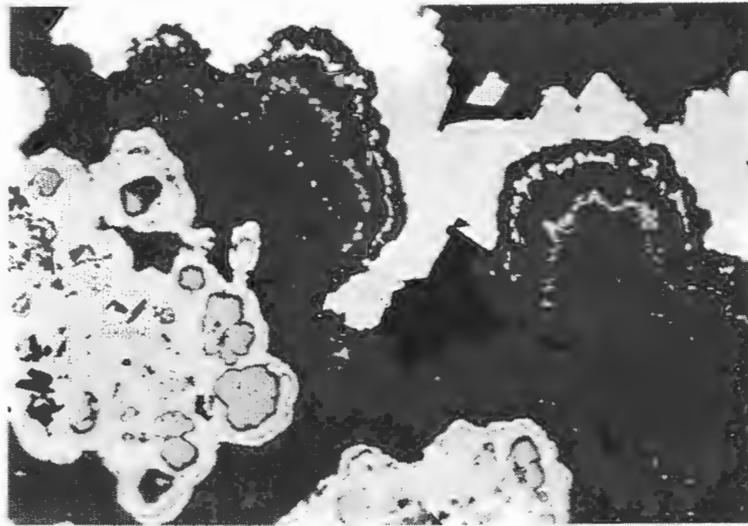


Abb. 25: Probe OLGA I - 138 GTVA. Ostpazifischer Rücken, $21^{\circ} 26,304' S$, $114^{\circ} 16,852' W$, Wassertiefe 2 782 m. Rhythmische kolloidale Massen und Wechselfolgen von Pyrit mit Melnikovitpyrit, Markasit (alle lichtgrau, fast weiß), Schalenblende und Zinkblende (beide dunkelgrau in verschiedenen Tönen). Die kolloidalen Massen enthalten Chalkopyrrhotin (mittelgrau), der stellenweise idiomorphe Ausbildung erkennen läßt und orientiert von Zinkblende umwachsen und gesäumt wird. Schalenblende weist in ihren rhythmischen Massen, durch geringe Unterschiede im Reflexionsvermögen abgebildet, Zonarbau auf. Opal-Gangart, natürliche Porenhohlräume (beide schwarz).
Anschliff, Ölimmersion, Vergr.: 100 x.



Abb. 26: Probe OLGA I - 138 GTVA. Ostpazifischer Rücken, $21^{\circ} 26,304' S$, $114^{\circ} 16,852' W$, Wassertiefe 2 782 m.

Detail aus rhythmischen, kolloidalen Massen, darin idiomorpher Chalkopyrrhotin (mittelgrau), orientiert umwachsen und gesäumt von Zinkblende mit Schalenblende (beide dunkelgrau, Innenreflexe), darauf Markasit (hellgrau in verschiedenen Tönen, Reflexionspleochroismus!), etwas Schalenblende, gefolgt von Pyrit (ebenfalls hellgrau) und außen wieder Schalenblende. Chalkopyrrhotin zeigt feine Entmischung von Kupferkies (ebenfalls hellgrau) in Spindeln.

Anschliff, Ölimmersion, Vergr.: 500 x.

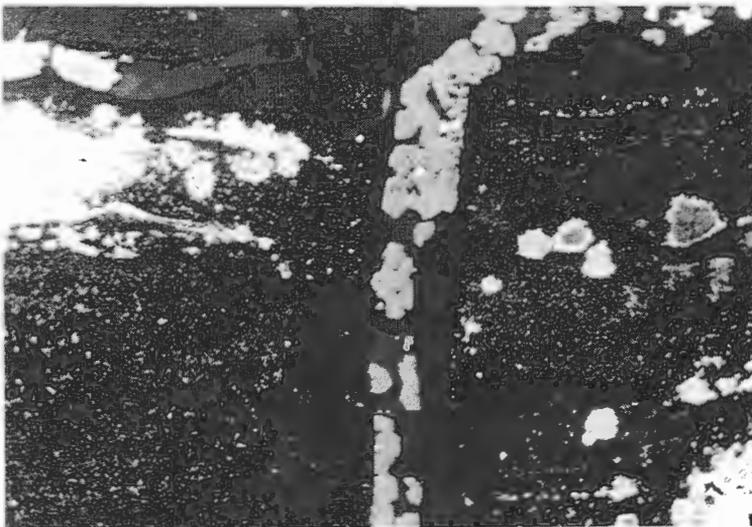


Abb. 27: Probe OLGA I - 138 GTVA. Ostpazifischer Rücken, $21^{\circ} 26,304' S$, $114^{\circ} 16,852' W$, Wassertiefe 2 782 m.

Ausschnitt aus zonar reichlich Opal-Gangart (dunkelgrau, fast schwarz) führendem Komplexmassiv-sulfiderz. Opal-Gangart führt in Einschlüssen vorherrschend Pyrit (hellgrau, fast weiß), auch in Sphäroiden sowie örtlich Markasit (ebenfalls hellgrau, fast weiß). Die kolloidalen Massen von Opal-Gangart mit zumeist sehr feinen Pyrit-Einschlüssen weisen Bruchbildung auf, die Risse werden teilweise von jüngerem Wurtzit (mittelgrau), begleitet von etwas Pyrit und Zinkblende (ebenfalls mittelgrau), verheilt. Stellenweise säumt Opal-Gangart selbst Risse sowie die jüngeren Sulfide in diesen. Natürliche Porenhohlräume (dunkelgrau).

Anschliff, Vergr.: 200 x.



Abb. 28: Probe OLGA I - 44 GTVA. Ostpazifischer Rücken, 21° 25,601' S, 114° 16,621' W, Wassertiefe 2 779 m. Zinkblende (mittelgrau bis dunkelgrau, örtlich Innenreflexe) enthält feintrhythmisch Chalkopyrrhotin mit Kupferkies-Entmischung (beide hellgrau, fast weiß, in Abb. nicht unterscheidbar) und läßt durch unterschiedliches Reflexionsvermögen deutlich Zonarbau und typische Verzwilligung erkennen. Opal-Gangart, natürliche Poren Hohlräume (beide schwarz). Anschliff, Ölimmersion, Vergr.: 500 x.

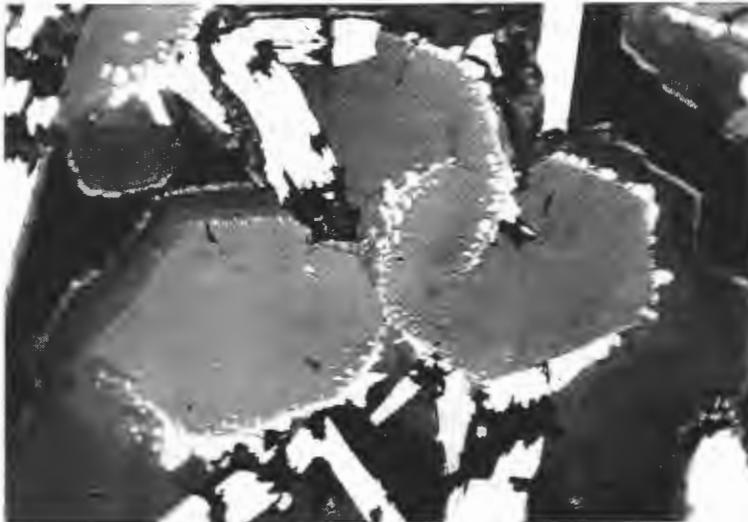


Abb. 29: Probe OLGA I - 44 GTVA. Ostpazifischer Rücken, 21° 25,601' S, 114° 16,621' W, Wassertiefe 2 779 m. Idiomorph in Tafeln nach {0001} ausgebildeter Wurtzit (mittelgrau bis dunkelgrau) enthält zonar Einschlüsse von Kupferkies (hellgrau, fast weiß) und läßt durch starke Unterschiede im Reflexionsvermögen deutlich Zonarbau beobachten. Wurtzit wird randlich von Opal-Gangart (schwarz, Innenreflexe) gesäumt und enthält randlich aufgewachsen idiomorph nach {0001} entwickelte Tafeln von Magnetkies (ebenfalls hellgrau, fast weiß), die beginnende Verdrängung durch Limonit (ebenfalls schwarz) aufweisen. Natürliche Poren Hohlräume (ebenfalls schwarz). Anschliff, Ölimmersion, Vergr.: 500 x.

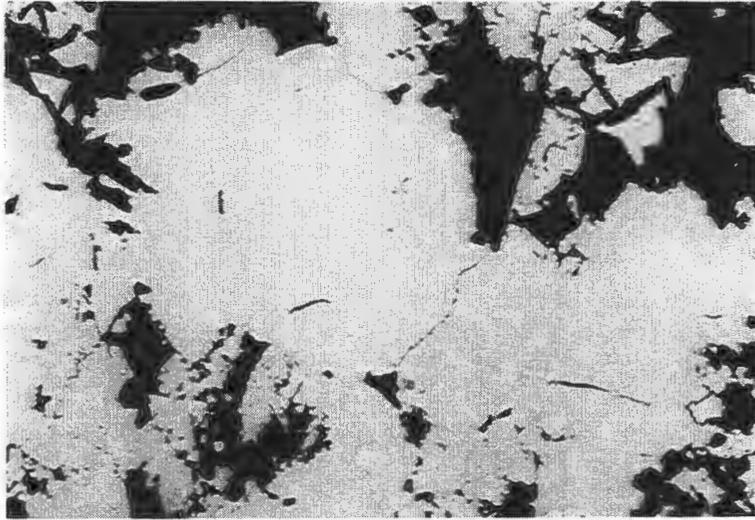


Abb. 30 a

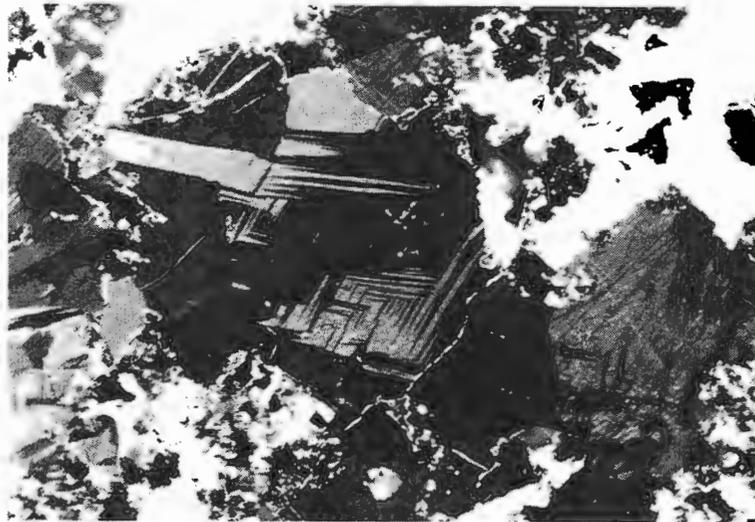


Abb. 30 b

Abb. 30: Probe OLGA I - 138 GTVA. Ostpazifischer Rücken, 21° 26,304' S, 114° 16,852' W, Wassertiefe 2 782 m.

Körniger Kupferkies (in Abb. 30 a hellgrau), randlich mit ein wenig Markasit (in Abb. 30 a hellgrau, fast weiß, in Abb. 30 b durch Anisotropieeffekte stark aufgehellt) und Pyrit (in Abb. 30 a ebenfalls hellgrau, fast weiß, in Abb. 30 b schwarz), zeigt durch die Anisotropieeffekte (Abb. 30 b) prächtige Ausbildung der charakteristischen oleanderblatt- bis lanzettförmigen Umwandlungslamellen von Hochtemperatur-Kupferkies. Opal-Gangart, natürliche Porenhohlräume (beide in Abb. 30 a schwarz, in Abb. 30 b durch Innenreflexe stark aufgehellt).

Anschliff, Ölimmersion, Vergr.: 250 x, Abb. 30 a: 1 Pol,

Abb. 30 b: + Pol.



Abb. 31: OLGA I - OFOS 15 - 301. Ostpazifischer Rücken, 21° 29,21' S, 114° 17,12' W, Wassertiefe 2 797 m. Ausschnitt aus Zentralgraben, der Bedeckung mit hydrothermale Sediment aufweist, nämlich hydrothermalen Fällungen reich an Silikat (Nontronit) und Eisenhydroxid. Diese treten stellenweise außerdem in hügelartigen sowie kleinen, schornsteinförmigen Fällungen auf, teilweise begleitet von Komplexmassivsulfiderz. Örtlich finden sich auf einem Hügel (rechts von Bildmitte) kleine weiße Seeanemonen (Anthozoen), darüber eine bläulich-weiße Seegurke (Holothurie).



Abb. 32: OLGA I - OFOS 25 - 426. Ostpazifischer Rücken, 21° 25,36' S, 114° 16,32' W, Wassertiefe 2 792 m. Grober Basaltlava-Blockschutt im Zentralgraben ist bedeckt mit hydrothermale, Nontronit führendem Sediment, das stellenweise dunkle, manganreiche Anflüge aufweist. Der Austritt hydrothermaler Lösung führt zur Ansammlung von Fischen, typischen Vertretern der Hydrothermalfauna.

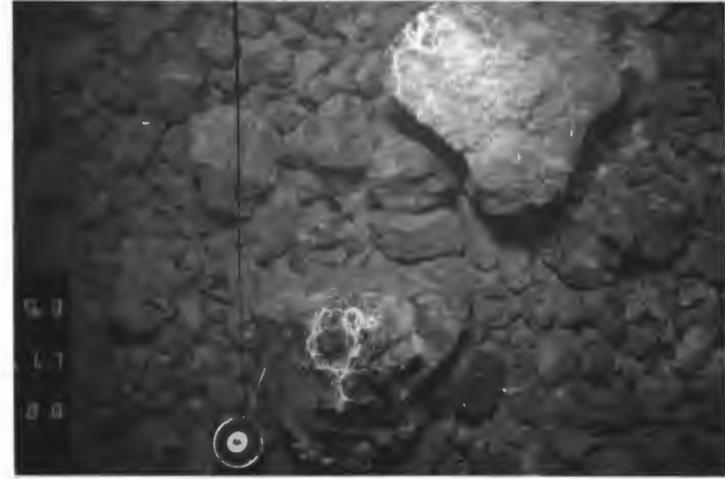


Abb. 33: OLGA I - OFOS 6 - 268. Ostpazifischer Rücken, 21° 25,42' S, 114° 16,55' W, Wassertiefe 2 800 m. Grober Basaltlava-Blockschutt, darauf stellenweise charakteristischer Bestand des weißen "Spaghettiwurmes" (*Saxipendium cf. coronatum*).



Abb. 34: OLGA I - OFOS 50 - 620. Ostpazifischer Rücken, 21° 26,29' S, 114° 16,63' W, Wassertiefe 2 797 m. Lappige Lava, etwas bedeckt mit hydrothermale Sediment, weist Bewuchs mit Kolonien von vermutlich festsitzenden Schirmquallen (Scyphozoen) auf. Örtlich wird das hydrothermale Sediment durch den Instrumentenkorb mit Kompaß aufgewirbelt.

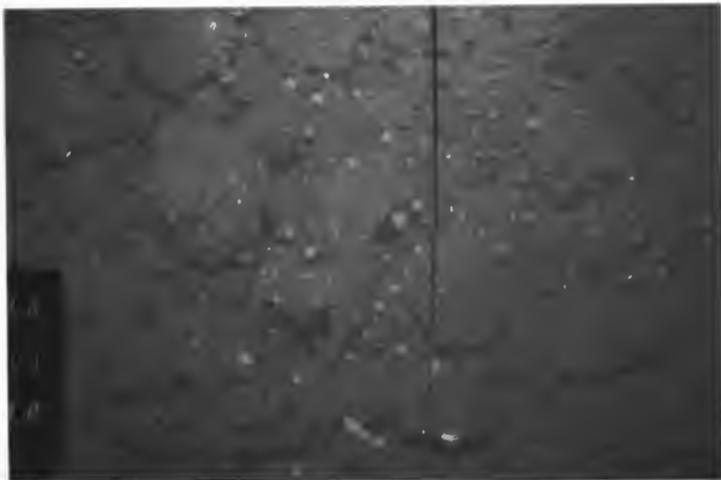


Abb. 35: OLGA I - OFOS 106 - 746. Ostpazifischer Rücken, 21° 25,18' S, 114° 16,39' W, Wassertiefe 2 805 m. Basallava-Blockschutt im Bereich eines Hydrothermalquellen-Austrittes mit Ansammlung von vorherrschend kleinen weißen Seeanemonen (Anthozoen), sessilen Meeresborstenwürmern (Polychaeten, vermutlich Serpuliden), letztere bevorzugt auf Bruchkanten im Lavaschutt. Vereinzelt wandern anomure Krebse (Galatheiden: *Munidopsis* sp.) über die Blöcke, außerdem sind eine blinde Krabbe (Bythograeidae: *Bythograea* spec.?, unterer Bildrand rechts) sowie ein Fisch (unterer Bildrand Mitte) zu beobachten.

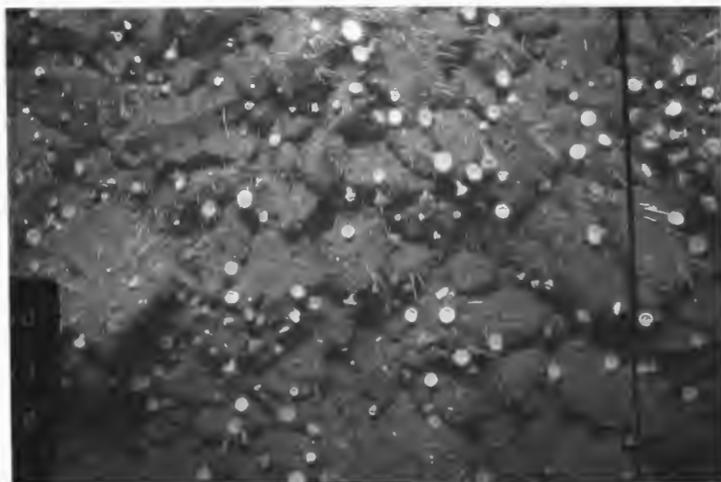


Abb. 36: OLGA I - OFOS 106 - 747. Ostpazifischer Rücken, 21° 25,18' S, 114° 16,39' W, Wassertiefe 2 799 m. Detail aus großem Basallava-Blockschutt im Bereich eines Austrittes von hydrothermaler Lösung mit reichlich Bewuchs von sessilen Meeresborstenwürmern (Polychaeten, vermutlich Serpuliden) und kleinen weißen Seeanemonen (Anthozoen).



Abb. 37: OLGA I - OFOS 6 - 423. Ostpazifischer Rücken, 21° 25,64' S, 114° 16,50' W, Wassertiefe 2 803 m. Detail aus großem Basallava-Blockschutt im Bereich eines Austrittes von hydrothermaler Lösung, der Bewuchs mit kleinen weißen Seeanemonen (Anthozoen) und einer Seelilie (Crinoide, links von Bildmitte) aufweist. Stellenweise findet sich ein wenig Bedeckung mit hydrothermale Sediment.



Abb. 38: OLGA I - OFOS 106 - 731. Ostpazifischer Rücken, 21° 25,32' S, 114° 16,43' W, Wassertiefe 2 803 m. Grober Blockschutt von Basallava im Bereich eines hydrothermalen Quellaustrittes mit Ansammlung von Tiefsee-Miesmuscheln (*Bathymodiolus* sp.), reichlich kleinen weißen Seeanemonen (Anthozoen), sessilen Meeresborstenwürmern (Polychaeten, vermutlich Serpuliden), letztere bevorzugt auf Bruchkanten der Lavablöcke sowie vereinzelt von anomuren Krebsen (Galatheiden: *Munidopsis* sp.).



Abb. 39: OLGA I - OFOS 106 - 730. Ostpazifischer Rücken, 21° 25,32' S, 114° 16,43' W, Wassertiefe 2 804 m. Grober Basaltlava-Blockschutt im Bereich eines hydrothermalen Quellaustrittes zeigt stellenweise in Zwickeln Bedeckung mit gelbem hydrothermale Sediment, reich an Nontronit. Der Ozeanboden weist reichlich Organismen auf, vor allem Tiefsee-Miesmuscheln (*Bathymodiolus* sp.), kleine weiße Seeanemonen (Anthozoen), sessile Meeresborstenwürmer (Polychaeten, vermutlich *Serpuliden*) auf Bruchkanten der Lavablöcke, außerdem vereinzelt anomure Krebse (Galatheiden: *Munidopsis* sp.), Schnecken (rechte untere Bildecke) sowie einen kleinen weißen Kraken (Oktopus, links unterhalb Bildmitte).



Abb. 40: OLGA I - OFOS 106 - 638. Ostpazifischer Rücken, 21° 25,77' S, 114° 16,57' W, Wassertiefe 2 799 m. Auf grobem Blockschutt von Basaltlava im Bereich eines Hydrothermalquellen-Austrittes findet sich eine Ansammlung von Tiefsee-Miesmuscheln (*Bathymodiolus* sp.), stellenweise sind außerdem sessile Meeresborstenwürmer (Polychaeten, vermutlich *Serpuliden*) zu beobachten, diese bevorzugt auf Bruchkanten der Lavablöcke. Gelegentlich liegt eine geringe Bedeckung mit hydrothermale Sediment vor.



Abb. 41: OLGA I - OFOS 50 - 532. Ostpazifischer Rücken, 21° 26,21' S, 114° 16,72' W, Wassertiefe 2 822 m. Anomure Krebse (Galatheiden: *Munidopsis* sp.) auf Wanderung über Komplexmassivsulfidierz-Schornstein, der auf grobem Basaltlava-Blockschutt steht. Letzterer ist teilweise bedeckt mit hydrothermale, Nontronit führendem Sediment. Stellenweise zeigen der Blockschutt und der Schwarze Raucher Bewuchs mit kleinen Seeanemonen (Anthozoen), außerdem weist letzterer Besatz mit Meeresborstenwürmern (Polychaeten) auf.



Abb. 42: OLGA I - OFOS 15 - 361. Ostpazifischer Rücken, 21° 29,22' S, 114° 17,09' W, Wassertiefe 2 787 m. Eine große Seeanemone (Aktinie), deren extrem lange Fangarme sich z. T. im Vorlaufseil des Fernschlittens verfangen haben, findet sich als Besatz auf einem Komplexmassivsulfidierz-Schornstein, der randlich Röhren von Polychaeten (Meeresborstenwürmern) eingebettet enthält. Örtlich finden sich auf diesem Schwarzen Raucher außerdem Seelilien (Crinoiden). Der Boden des Zentralgrabens zeigt Bedeckung mit hydrothermale (Erz-) Sediment.



Abb. 43: OLGA I - 38 GTVA. Ostpazifischer Rücken, 21° 25,544' S, 114° 16,511' W, Wassertiefe 2 828 m. Detail aus aktivem Schwarzen Raucher mit zahlreich im zinkreichen Komplexmassivsulfidz eingebetteten Röhren von Meeresborstenwürmern (Polychaeten). Stellenweise zeigen die Röhren einen Anflug von Eisenhydroxid.

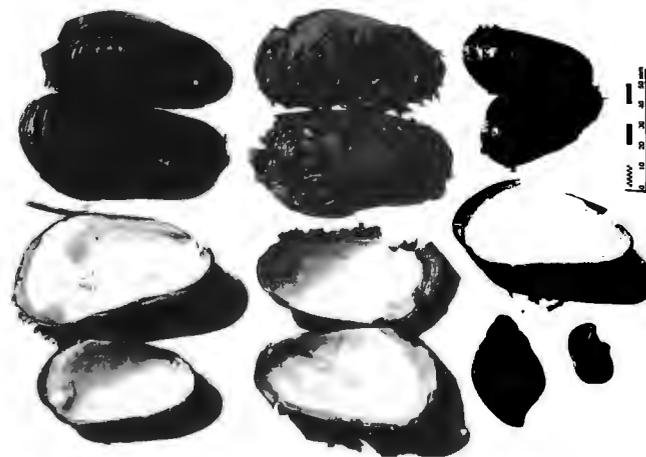


Abb. 45: OLGA I - 52 GTVA. Ostpazifischer Rücken, 21° 25,533' S, 114° 16,502' W, Wassertiefe 2 814 m. Schalen von Tiefsee-Miesmuscheln (*Bathymodiolus* sp.) sowie von räuberischen Schnecken (*Phymorhynchus* spec., zwei Exemplare, rechts unten) aus dem Besatz eines aktiven Schwarzen Rauchers.

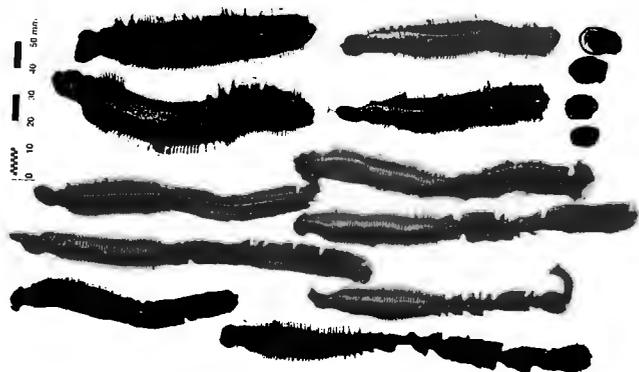


Abb. 44: OLGA I - 44 GTVA. Ostpazifischer Rücken, 21° 25,601' S, 114° 16,621' W, Wassertiefe 2 779 m. Aus aktivem Schwarzen Raucher geborgene Exemplare der Meeresborstenwürmer *Alvinella pompejana* DESBRUYÈRES & LAUBIER, 1980 (zwei Exemplare, links oben) und *Alvinella caudata* DESBRUYÈRES & LAUBIER, 1986 und an Bord noch lebende Exemplare von Napfschnecken (*Peltoispira* n. spec., vier Exemplare, rechts oben).



Abb. 46: OLGA I - 44 GTVA - 55 GTVA. Ostpazifischer Rücken, 21° 25,601' S, 114° 16,621' W, Wassertiefe 2 779 m (OLGA I - 44 GTVA), 21° 26,245' S, 114° 16,851' W, Wassertiefe 2 788 m (OLGA I - 55 GTVA). Bei normalem Atmosphärendruck noch lebende (!) Exemplare von blinden Krabben (*Bythograea* cf. *thermydron* WILLIAMS, 1980) aus dem Besatz eines aktiven Schwarzen Rauchers. Eine der Krabben weist nur eine Schere auf.

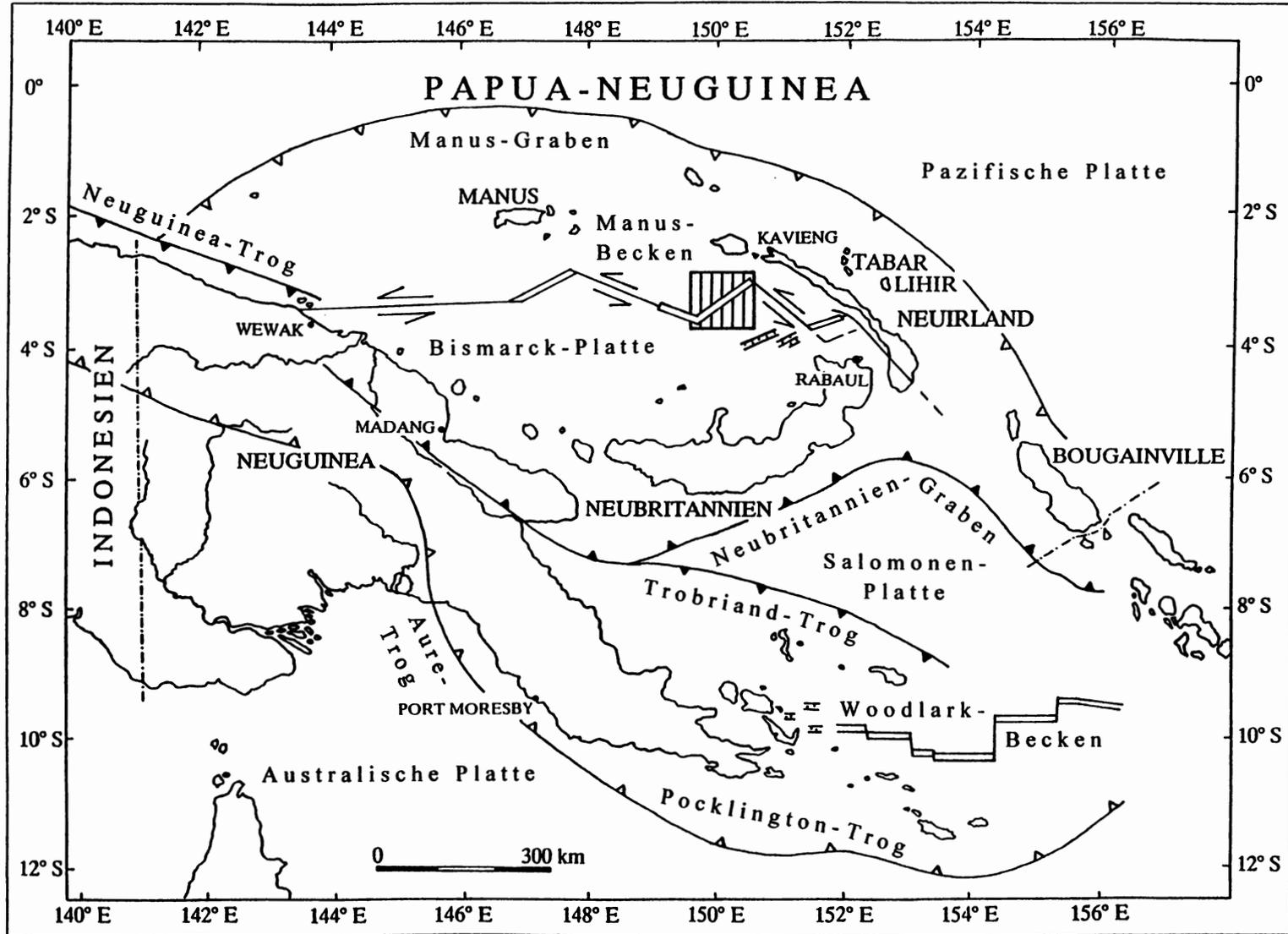


Abb. 47: Übersichtskarte von Papua-Neuguinea mit dem Hauptuntersuchungsgebiet (schraffiert) der Forschungsfahrt OLGA II in der Spreizungszone des Manus-Back-Arc-Beckens. Spreizungsrücken und Transformstörungen kennzeichnen die aktive Plattengrenze.

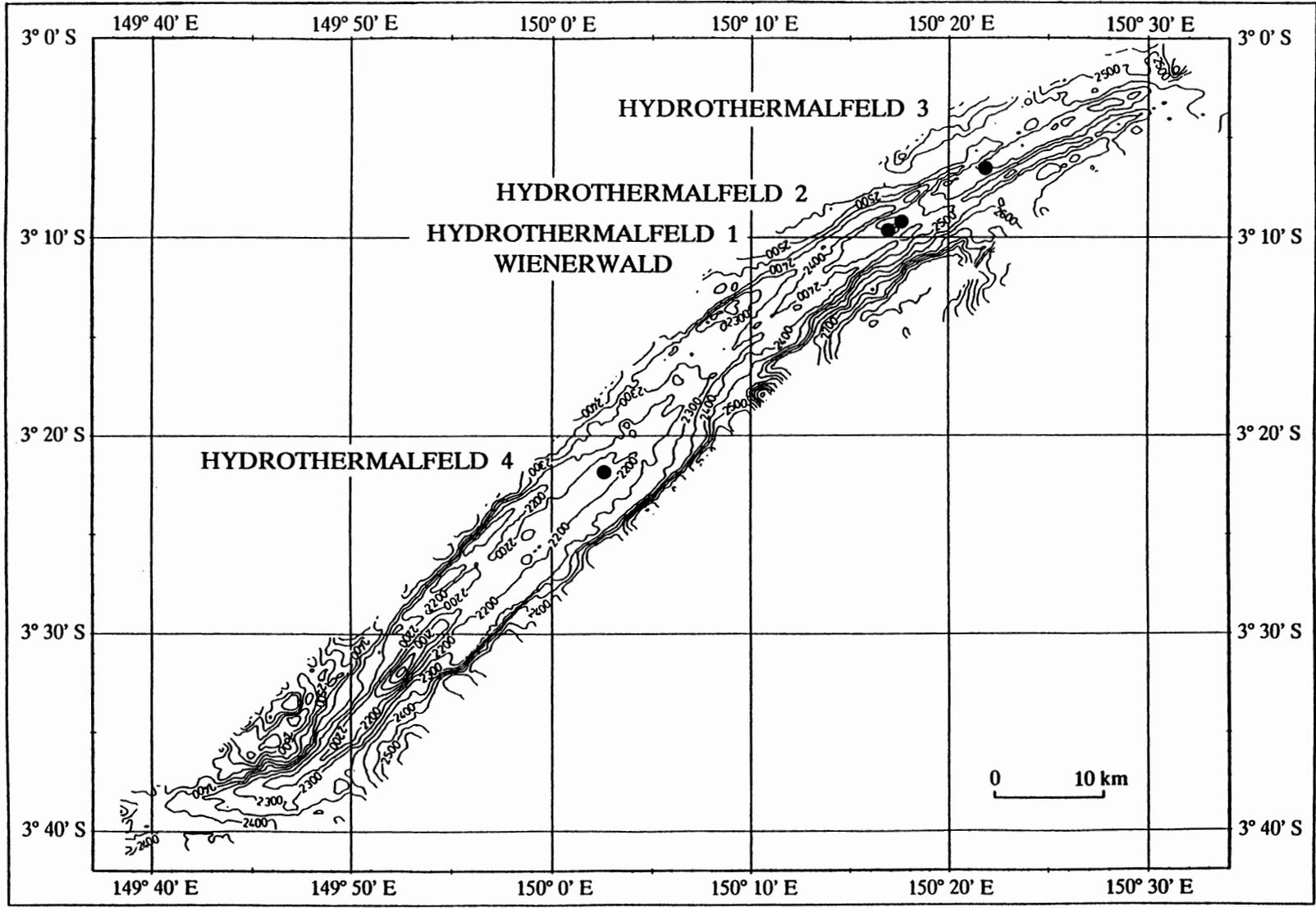


Abb. 48: Ozeanbodenkarte des Manus-Spreizungsrückens von 3° 42' S, 149° 37' E bis 3° 0' S, 150° 34' E mit Lage der vier entdeckten und nachgewiesenen größeren Hydrothermalfelder.

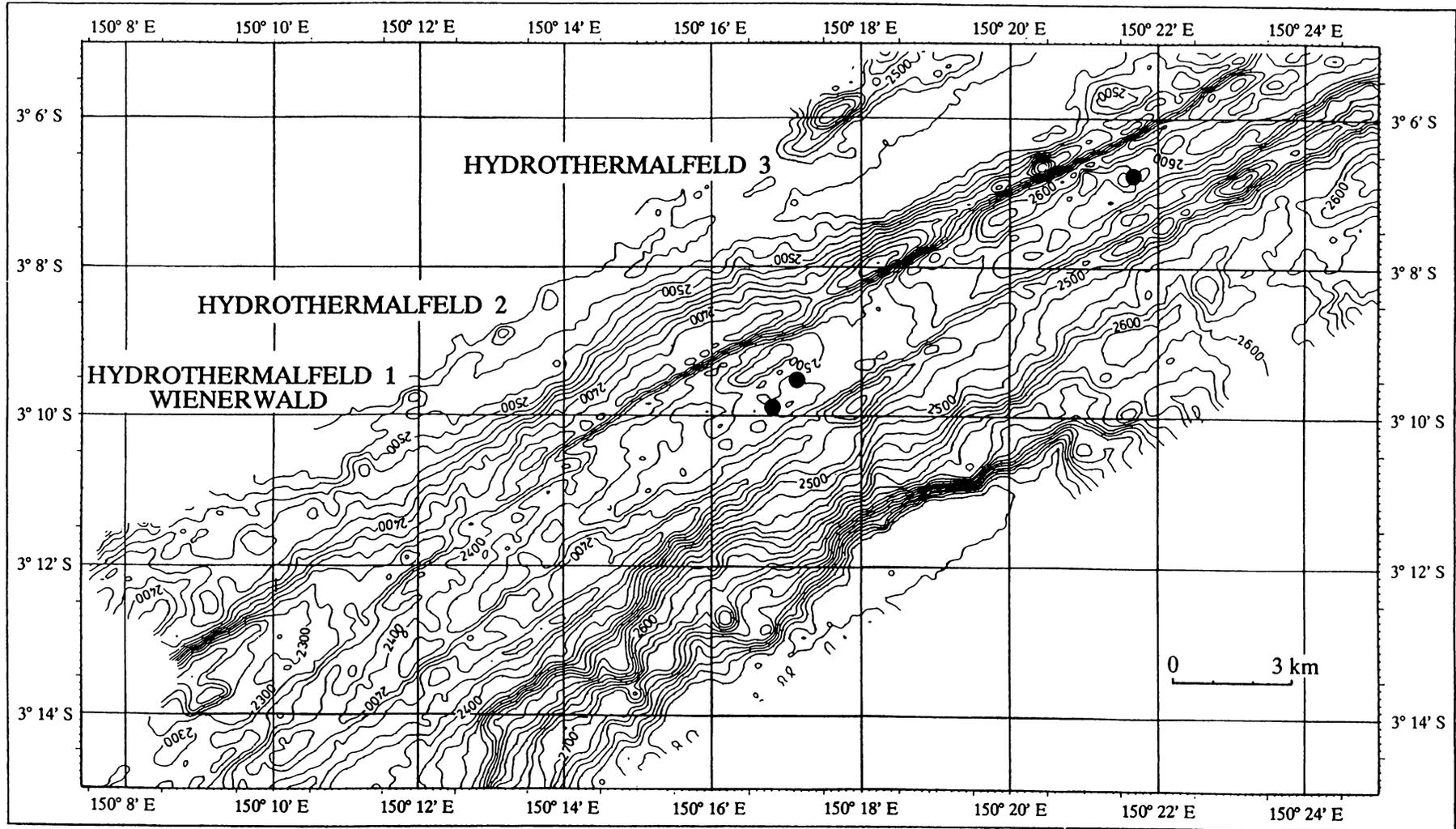


Abb. 49: Detailkarte des Manus-Spreizungsrückens von 3° 15' S, 150° 8' E bis 3° 5' S, 150° 25' E mit Lage von Hydrothermalfeld 1 "Wienerwald", Hydrothermalfeld 2 sowie Hydrothermalfeld 3.

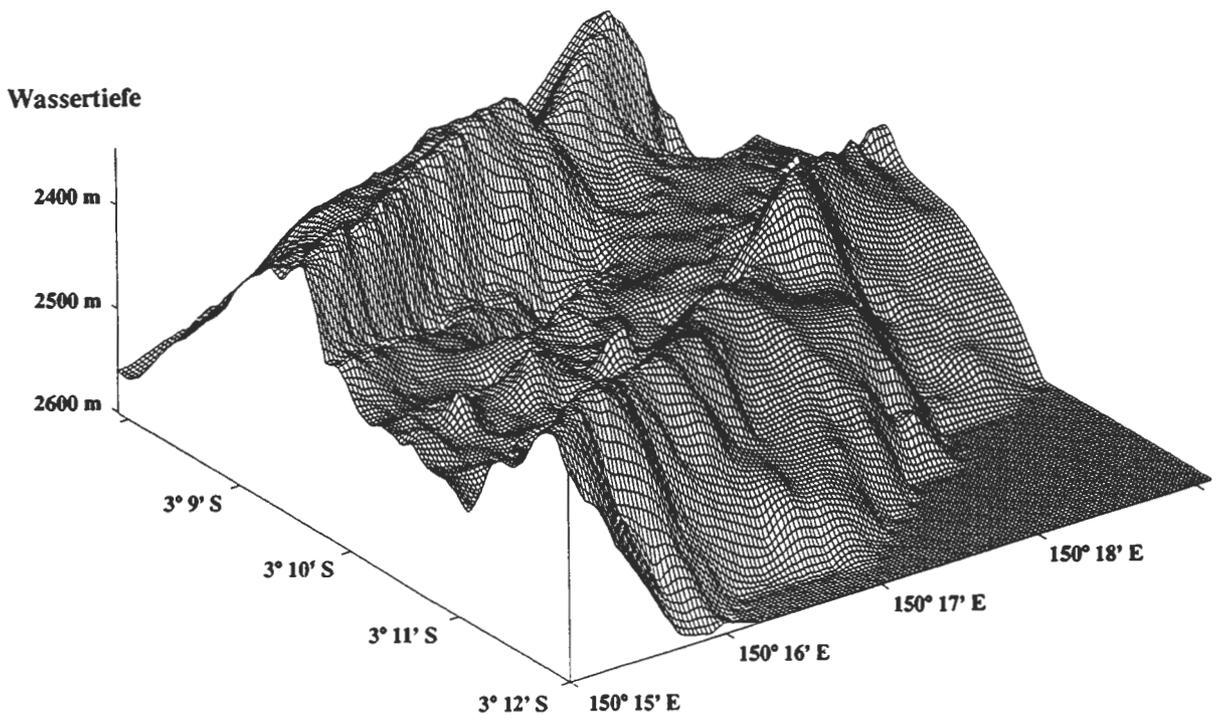


Abb. 50: Aufwölbung der Spreizungszone im Manus-Back-Arc-Becken im Bereich von Hydrothermalfeld 1 "Wienerwald" und Hydrothermalfeld 2. Die Grabenstruktur zeigt einen fast symmetrischen Bau mit einem annähernd ebenen Zentralgraben, der in Hydrothermalfeld 1 "Wienerwald" durch starke hydrothermale Aktivität gekennzeichnet ist.

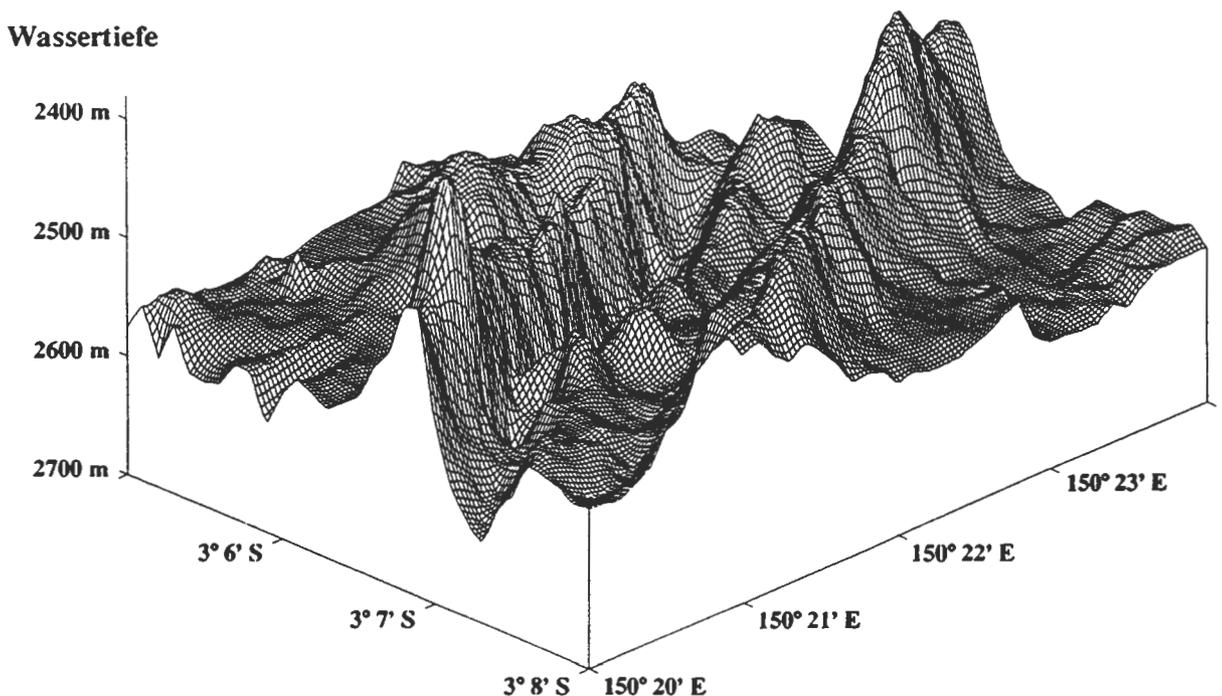


Abb. 51: Aufwölbung der Spreizungszone im Manus-Back-Arc-Becken im Bereich von Hydrothermalfeld 3. Der Zentralgraben zeigt eine ausgeprägte Asymmetrie mit einer deutlichen Zweiteilung des zentralen Bereiches. Die Komplexmassivsulfid-Vererzungen finden sich vorherrschend im Streichen der Großstruktur entlang des Abbruches der Grabenschultern zum Zentralgraben angeordnet.



Abb. 52 a



Abb. 52 b

Abb. 52: OLGA II - OFOS 32 - 155 (Abb. 52 a) - OFOS 15 - 182 (Abb. 52 b). $3^{\circ} 19,47' S$, $150^{\circ} 5,34' E$, Wassertiefe 2 211 m (Abb. 52 a), Hydrothermalfeld I „Wienerwald“, $3^{\circ} 9,829' S$, $150^{\circ} 16,750' E$, Wassertiefe 2 488 m (Abb. 52 b).

Ozeanboden des Zentralgrabens bedeckt mit typischer Kissenlava, darin fortgeschrittene, tiefere Bruchspalte (Abb. 52 a). Die Kissenlava besitzt häufig Striemung (Abb. 52 b), einige Lavakissen weisen (Transversal-) Risse auf, sind aufgebrochen und zeigen neuerlich ausgeflossene Lava. Örtlich (Abb. 52 b) finden sich helle hydrothermale Anflüge, reich an Baryt und/oder Anhydrit sowie röntgenamorpher Kieselsäure (Opal-Gangart), lokal ist ein anomurer Krebs (*Munidopsis spec.*) anzutreffen.



Abb. 53 a

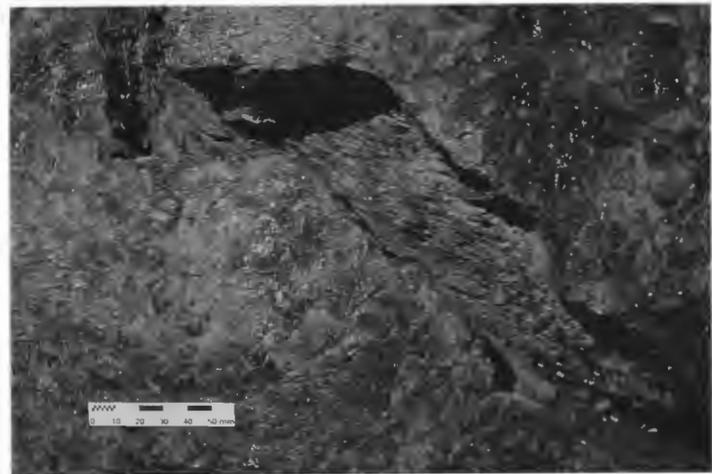


Abb. 53 b

Abb. 53: OLGA II - 11 GTVA. Hydrothermalfeld I „Wienerwald“, $3^{\circ} 9,85' S$, $150^{\circ} 16,64' E$, Wassertiefe 2 505 m.

Prächtiges tholeiitisches Lavakissen („Pillow“) mit glasiger Oberfläche zeigt typischen asymmetrischen Transversalriß, der im Detail (Abb. 53 b) deutlich die neuerlich ausbrechende Lava unterhalb der glasigen, aufgesprengten Rinde erkennen läßt.



Abb. 54: OLGA II - OFOS 33 - 225. Manus-Spreizungsrücken, 3° 19,20' S, 150° 5,43' E, Wassertiefe 2 234 m. Typisch ausgebildete Stricklava, die in Zwickeln mit ein wenig Sediment, teilweise hydrothermalen Ursprungs, bedeckt ist.



Abb. 55: OLGA II - OFOS 33 - 225. Manus-Spreizungsrücken, 3° 18,40' S, 150° 6,08' E, Wassertiefe 2 252 m. Im Bereich eines Hydrothermen-Austrittes sind plattige Lava bis Schichtlava und angrenzende Kissenlava eingebrochen und eröffnen den Blick in einen typischen Lavatunnel. An dessen Boden ist deutlich das in den Hohlraum abgestürzte Gewölbedach unter Bildung einer „Kollapsbreccie“ zu erkennen. Am noch verbliebenen Dach des Lavatunnels, besonders aber auf der „Kollapsbreccie“ tritt stellenweise reichlich hydrothermale Fauna auf, vorherrschend Tiefsee-Miesmuscheln (*Bathymodiolus* sp.) und Pogonophoren.



Abb. 56: OLGA II - OFOS 23 - 398. Hydrothermalfeld I „Wienerwald“, 3° 9,829' S, 150° 16,735' E, Wassertiefe 2 501 m.

Typische Kissenlava, darauf Gruppe kleiner aktiver Schwarzer Raucher. Die aus einem Komplexmassivsulfid-Schornstein herauschießende klare hydrothermale Lösung (Mitte rechter Bildrand, Hintergrund erscheint durch Schlierenbildung unscharf) beginnt sich am Kontakt mit dem Meerwasser durch Fällung von feinsten Sulfiden zu verfärben. Stellenweise zeigt die Kissenlava etwas Bedeckung mit hydrothermale (Erz-) Sediment, örtlich anzutreffende hellere Anflüge gehen auf Anreicherungen von Baryt und/oder Anhydrit sowie röntgenamorphe Kieselsäure (Opal-Gangart) zurück. Vereinzelt wandern anomure Krebse (*Munidopsis* spec.) über Lavakissen. In deren Zwickeln finden sich gelegentlich Ansammlungen von Gastropoden-Schalen (Schill).

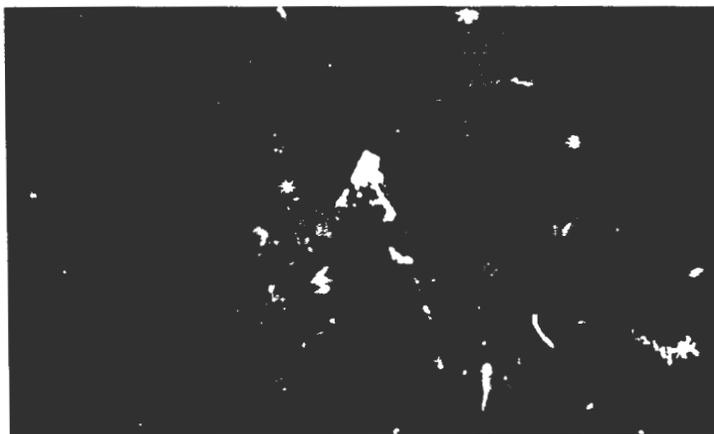


Abb. 57: OLGA II - OFOS 24 - 62. Hydrothermalfeld I „Wienerwald“, 3° 9,794' S, 150° 16,789' E, Wassertiefe 2 492 m.

Randlicher Bereich aus größerer Gruppe von Komplexmassivsulfid-Schornsteinen auf Kissenlava mit Schwarzen Rauchern, die nur noch geringe hydrothermale Aktivität aufweisen. Sehr untergeordnet weisen Lavakissen, ausgehend von Zwickeln oder Rissen, Überzüge mit hydrothermale (Erz-) Sediment auf, lokal finden sich Ansammlungen von Gastropoden-Schalen (Schill) in Zwickeln. Vereinzelt sind Fische zu beobachten, außerdem anomure Krebse (*Munidopsis* spec.), die über Lavakissen wandern sowie eine weiße sessile Seegurke (*Holothurie*).



Abb. 58: OLGA II - OFOS 34 - 493. Hydrothermalfeld I „Wienerwald“, 3° 9,800' S, 150° 16,783' E, Wassertiefe 2 509 m.

Ausschnitt aus größerer Gruppe von Schwarzen Rauchern auf Kissenlava mit Komplexmassivsulfid-Schornsteinen, die nur noch geringe hydrothermale Aktivität zeigen. Hydrothermale Überzüge mit (Erz-) Sediment sind nur lokal auf Lavakissen zu beobachten, örtlich liegen in deren Zwickeln Ansammlungen von Gastropoden-Schalen (Schill) vor. Gelegentlich sind anomure Krebse (*Munidopsis spec.*) anzutreffen, die über Lavakissen oder Komplexmassivsulfid-Schornsteine wandern, lokal außerdem weiße sessile Seegurken (Holothurien).



Abb. 59: OLGA II - OFOS 26 - 126. Hydrothermalfeld I „Wienerwald“, 3° 9,848' S, 150° 16,828' E, Wassertiefe 2 490 m.

Ausschnitt aus größerer Gruppe von aktiven Schwarzen Rauchern mit dichtem Besatz von Organismen, vor allem an Mesogastropoden (vorherrschend die schwarze Schnecke *Olgaconcha tufari* L. A. BECK, 1991 n. gen. et n. spec., daneben die „behaarte“ Schnecke *Alviniconcha cf. hessleri* OKUTANI & OHTA, 1988) und Seepocken (*Eochionelasmus ohtai* YAMAGUCHI & NEWMAN, 1990, rechte obere Bildhälfte), außerdem findet sich eine weiße sessile Seegurke (Holothurie). Unschärfen gehen auf den Austritt hydrothermalen Lösung (Schlierenbildung!) durch den dichten Organismen-Besatz zurück.

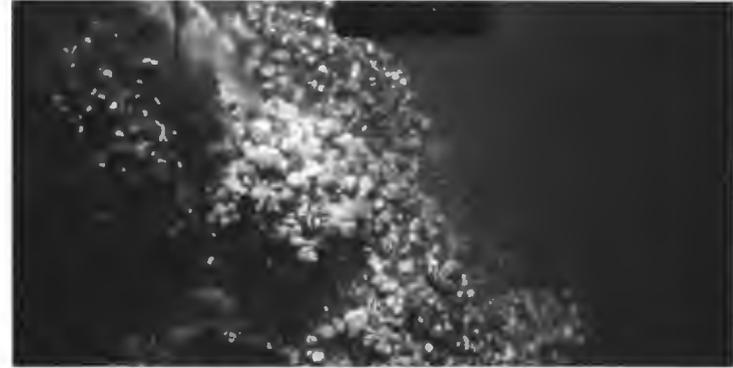


Abb. 60: OLGA II - OFOS 34 - 386. Hydrothermalfeld I „Wienerwald“, 3° 9,85' S, 150° 16,79' E, Wassertiefe 2 492 m.

Ausschnitt aus dichtem Organismen-Besatz um einen hohen aktiven Schwarzen Raucher. Der Organismen-Besatz wird vor allem von der schwarzen Schnecke *Olgaconcha tufari* L. A. BECK, 1991 n. gen. et n. spec. gebildet, begleitet von der „behaarten“ Schnecke *Alviniconcha cf. hessleri* OKUTANI & OHTA, 1988) und Seepocken (*Eochionelasmus ohtai* YAMAGUCHI & NEWMAN, 1990, linke untere Bildhälfte) sowie gelegentlich sessilen Seegurken (Holothurien) und anomuren Krebsen (*Munidopsis spec.*). Der Austritt hydrothermalen Lösung (Schlierenbildung!) durch den dichten Organismen-Besatz führt zu Unschärfen. Außerdem schießt stellenweise klare hydrothermale Lösung (linke obere Bildhälfte) aus dem Komplexmassivsulfid-Schornstein durch den dichten Organismen-Besatz heraus und beginnt sich am Kontakt mit dem Meerwasser durch Fällung von feinsten Sulfiden zu verfärben.



Abb. 61: OLGA II - OFOS 34 - 369. Hydrothermalfeld I „Wienerwald“, 3° 9,86' S, 150° 16,79' E, Wassertiefe 2 500 m.

Detail des dichten Organismen-Besatzes um einen hohen aktiven Schwarzen Raucher, dominiert von der schwarzen Schnecke *Olgaconcha tufari* L. A. BECK, 1991 n. gen. et n. spec., daneben die „behaarte“ Schnecke *Alviniconcha cf. hessleri* OKUTANI & OHTA, 1988, Seepocken (*Eochionelasmus ohtai* YAMAGUCHI & NEWMAN, 1990, linke untere Bildhälfte), einige blinde Krabben (*Austinograea alayseae* GUINOT, 1989) und vereinzelt weiße sessile Seegurken (Holothurien). Der Austritt hydrothermalen Lösung (Schlierenbildung!) durch den dichten Organismen-Besatz bewirkt Unschärfen.

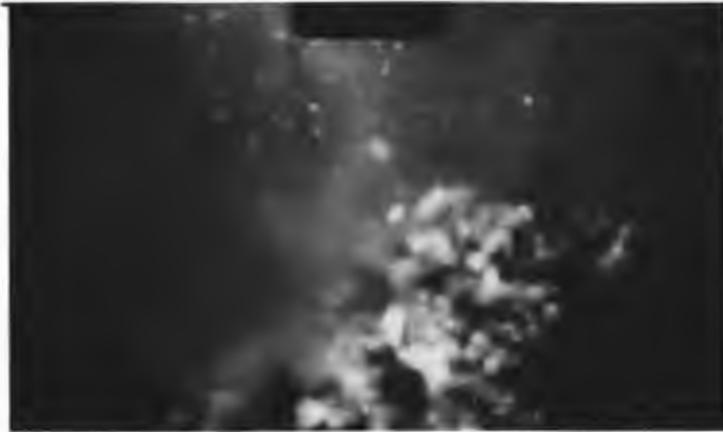


Abb. 62: OLGA II - OFOS 34 - 304. Hydrothermalefeld 1 „Wienerwald“, 3° 9,893' S, 150° 16,775' E, Wassertiefe 2 493 m.
Spitze eines Komplexmassivsulfiderz-Schornsteines, dicht überzogen mit Organismen (vorherrschend Mesogastropoden) aus einer Gruppe von hohen aktiven Schwarzen Rauchern. Klare hydrothermale Lösung schießt aus dem Komplexmassivsulfiderz-Schornstein durch den dichten Organismen-Besatz heraus, führt durch Schlierenbildung zu Unschärfen und beginnt sich am Kontakt mit dem Meerwasser durch Fallung von feinsten Sulfiden zu verfärben.

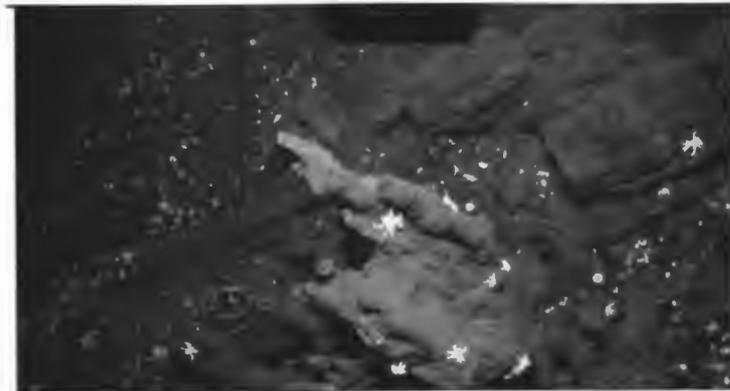


Abb. 63: OLGA II - OFOS 24 - 119. Hydrothermalefeld 1 „Wienerwald“, 3° 9,87' S, 150° 16,84' E, Wassertiefe 2 486 m.
Umgestürzte, zerbrochene, ältere Komplexmassivsulfiderz-Schornsteine, darauf Gruppe von jüngeren Komplexmassivsulfiderz-Schornsteinen, die nur noch geringe hydrothermale Aktivität zeigen. Zwischen den Bruchstücken der umgestürzten Schwarzen Raucher finden sich reichlich Ansammlungen von Gastropoden-Schalen (Schill). Zahlreiche anomure Krebse (*Munidopsis spec.*) und einige blinde Krabben (*Austinograea alayseae* GUINOT, 1989) wandern auf dem Schill und über stehende oder umgestürzte Schwarze Raucher, ferner ist eine weiße sessile Seegurke (*Holothurie*, rechte untere Bildecke) zu beobachten. Ein aktiver kleiner Schwarzer Raucher (linke untere Bildecke) ist völlig von Mesogastropoden (vorherrschend die schwarze Schnecke *Olgakoncha tufari* L. A. BECK, 1991 n. gen. et n. spec.) überzogen, auf denen reichlich blinde Krabben weiden.



Abb. 64: OLGA II - 2 GTVA. Hydrothermalefeld 2, 3° 9,40' S, 150° 16,69' E, Wassertiefe 2 470 m.
Prächtiges, großes Bruchstück mit der Spitze eines zinkreichen Komplexmassivsulfiderz-Schornsteines, dem ersten jemals aus der Bismarck-See und vom Manus-Spreizungsrücken geborgenen Schwarzen Raucher, daneben der Projektleiter OLGA Univ.-Prof. Dr. Werner Tufar, der den Komplexmassivsulfiderz-Schornstein in der Tiefsee entdeckt und geborgen hat.



Abb. 65: OLGA II - 17 GTVA. Hydrothermalefeld 1 „Wienerwald“, 3° 9,861' S, 150° 16,777' E, Wassertiefe 2 500 m.
Eindrucksvolles, großes Bruchstück der verzweigten Spitze eines aktiven, zinkreichen Schwarzen Rauchers mit reichlich Besatz von lebenden, z. T. kopulierenden Seepocken (*Eochionelasmus ohtai* YAMAGUCHI & NEWMAN, 1990), außerdem lebenden Exemplaren der schwarzen Schnecke *Olgakoncha tufari* L. A. BECK, 1991 n. gen. et n. spec. und blinden Krabben (*Austinograea alayseae* GUINOT, 1989).



Abb. 66 a

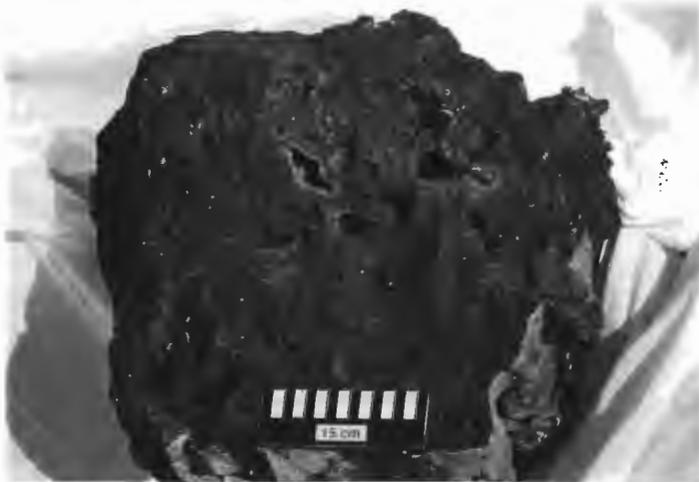


Abb. 66 b



Abb. 66: OLGA II - 26 GTVA. Hydrothermalfeld 1 „Wienerwald“, 3° 9,881' S, 150° 16,777' E, Wassertiefe 2 491 m.

Prächtiges, großes Bruchstück eines aktiven, zinkreichen Schwarzen Rauchers mit reichlich Besatz von lebenden, z. T. kopulierenden Seepocken (*Eochionelasmus ohtai* YAMAGUCHI & NEWMAN, 1990). Im Querbruch (Abb. 66 b) zeigt der Komplexmassivsulfiderz-Schornstein zentral mehrere Zufuhrkanäle der hydrothermalen Lösung, die diesen senkrecht durchziehen. Die Zufuhrkanäle sind randlich mit Pyrit, etwas Kupferkies und/oder Zinksulfid ausgekleidet.



Abb. 67: OLGA II - 25 GTVA. Hydrothermalfeld 1 „Wienerwald“, 3° 9,861' S, 150° 16,791' E, Wassertiefe 2 489 m.

Größeres Bruchstück eines aktiven, zinkreichen Komplexmassivsulfiderz-Schornsteines enthält eingebettet an der Basis zahlreiche grobe Bruchstücke von Basaltlava (Stoßwerk, Erzstoßwerk, Stoßwerk-Vererzung), die hydrothermal umgebildet und „vergrünt“ ist. Hohlräume im Komplexmassivsulfiderz sind vor allem mit Kristallaggregaten von Wurtzit ausgefüllt, begleitet von Zinkblende.



Abb. 68: OLGA II - OFOS 27 - 62. Hydrothermalfeld 2, 3° 9,476' S, 150° 17,025' E, Wassertiefe 2 473 m. Peripherer Bereich aus Gruppe von bereits inaktiven Komplexmassivsulfid-Schornsteinen, die ebenso wie der Ozeanboden reichlich Bedeckung mit Sediment aufweisen, das zu einem erheblichen Teil hydrothermalen Ursprungs ist. Durch den Instrumentenkorb kommt es zur Aufwirbelung des Sedimentes. Lokal findet sich eine Hornkoralle (*Gorgonaria spec.?*, unterhalb Mitte rechter Bildrand).

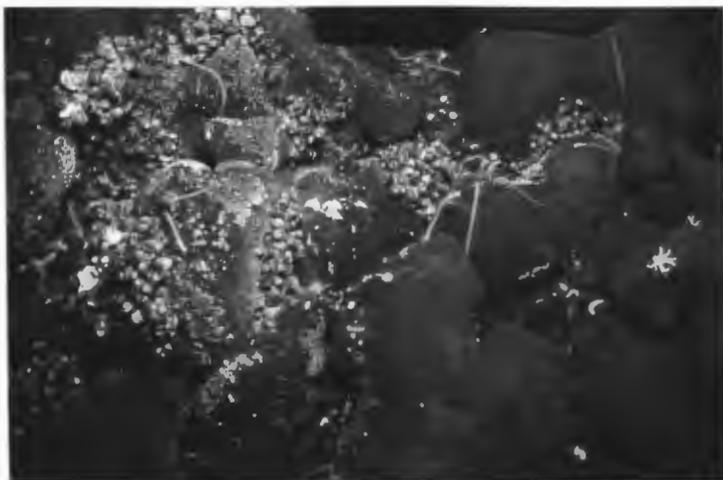


Abb. 69: OLGA II - OFOS 28 - 140. Hydrothermalfeld 3, 3° 6,676' S, 150° 21,749' E, Wassertiefe 2 571 m. Kissenlava weist um Zwickel, in denen hydrothermale Lösung austritt, gehäuft Ansammlungen von vorherrschend Mesogastropoden (hauptsächlich schwarze Schnecke *Olgacoona tufari* L. A. BECK, 1991 n. gen. et n. spec., daneben „behaarte“ Schnecke *Alviniconcha cf. hessleri* OKUTANI & OHTA, 1988) sowie von Seepocken und weißen, sessilen Seegurken (*Holothurien*) auf. Teilweise liegen bereits kleine Komplexmassivsulfid-Erzkörper vor, die völlig von einem dichten Organismen-Besatz überzogen und verdeckt werden. Stellenweise wandern anomure Krebse (*Munidopsis spec.*) über Lavakissen.

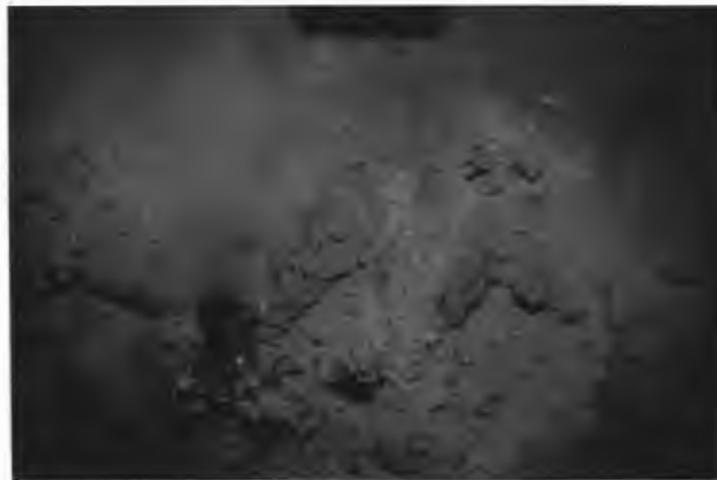


Abb. 70: OLGA II - OFOS 20 - 451. Hydrothermalfeld 3, 3° 6,69' S, 150° 21,75' E, Wassertiefe 2 585 m. Kissenlava ist fast gänzlich bedeckt von Komplexmassivsulfid-Erzkruste, darauf ein kleiner aktiver Schwarzer Raucher, aus dem klare hydrothermale Lösung (linke Bildhälfte, Hintergrund erscheint durch Schlierenbildung unscharf) herausschießt und sich am Kontakt mit dem Meerwasser durch Fällung von feinsten Sulfiden zu verfärben beginnt. Anomure Krebse (*Munidopsis spec.*), örtlich begleitet von einer blinden Krabbe (*Austinograea alayseae* GUINOT, 1989), wandern auf der Erzkruste und auf dem Komplexmassivsulfid-Schornstein.



Abb. 71: OLGA II - OFOS 25 - 120. Hydrothermalfeld 4, 3° 22,260' S, 150° 2,197' E, Wassertiefe 2 186 m. Am Ozeanboden des Zentralgrabens austretende hydrothermale Lösung verfärbt sich am Kontakt mit Meerwasser durch Fällung feinsten Gangart-Mineralien milchig („Weißer Raucher“). Im Bereich des Hydrothermen-Austrittes treten reichlich Kolonien von Röhrenwürmern (*Ridgea spec.*) auf, außerdem sind häufig anomure Krebse (*Munidopsis spec.*) und Krabben (*Bythograea spec.*) zu beobachten.



*Abb. 72: OLGA II - OFOS 25 - 152. Hydrothermalfeld 4, 3° 22,125' S, 150° 2,389' E, Wassertiefe 2 196 m. Grober Lava-Blockschutt mit Austritt hydrothermaler Lösung, die sich am Kontakt mit Meerwasser durch Fällung feinsten weißer Gangart-Mineralien milchig verfärbt („Weißer Raucher“). Anomure Krebse (*Munidopsis spec.*) sind im Blockschutt und randlich am Hydrothermen-Austritt anzutreffen.*

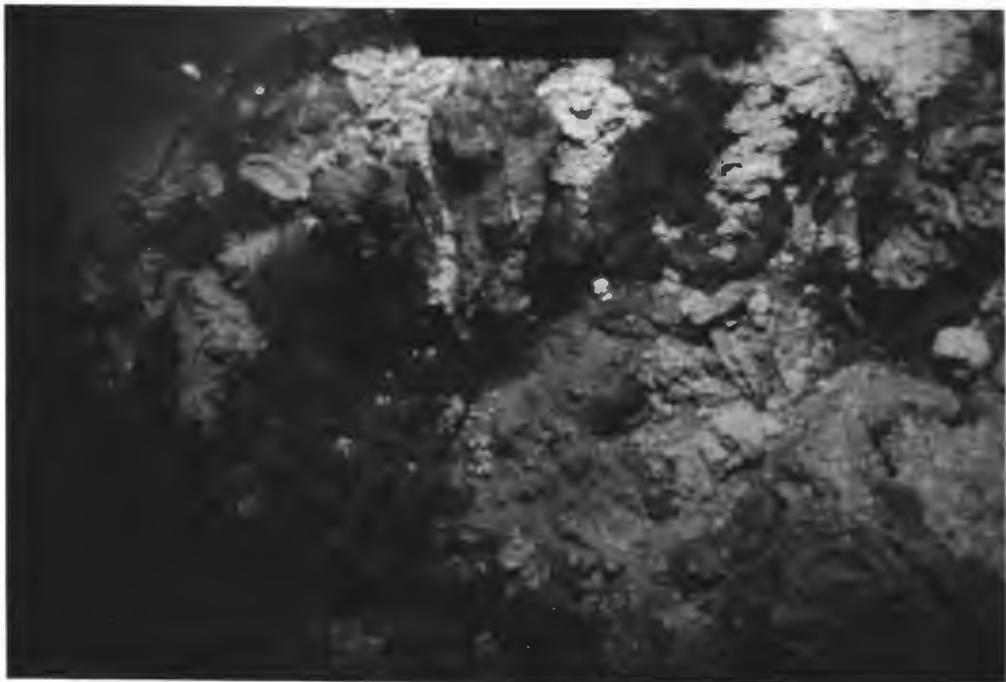


Abb. 73: OLGA II - OFOS 19 - 23. Hydrothermalfeld 3, 3° 6,255' S, 150° 22,244' E, Wassertiefe 2 578 m. Mächtigere, hügelartige bis schornsteinförmige, nichtsulfidische hydrothermale Fällungen (hydrothermales Sediment), reich an Eisenhydroxid sowie Silikat (Nontronit) und röntgenamorpher Kieselsäure (Opal-Gangart), teilweise überzogen mit dunklem Anflug von Manganhydroxid, bedecken den Ozeanboden des Zentralgrabens.

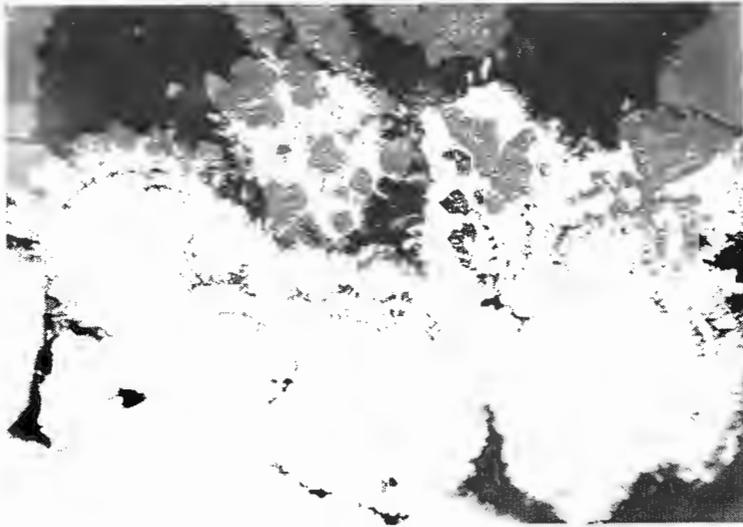


Abb. 74: Probe OLGA II - 35 GTVA. Hydrothermalfeld 1 „Wienerwald“, 3° 9,851' S, 150° 16,799' E, Wassertiefe 2 493 m.

Rhythmisch-konzentrischer bis radialer Pyrit (hellgrau, fast weiß) mit Markasit (ebenfalls hellgrau, fast weiß) und etwas Schalenblende (mittelgrau) werden randlich von dendritischen Aggregaten von Wurtzit und Zinblende (beide ebenfalls mittelgrau, örtlich Innenreflexe) überwachsen. Diese Dendriten enthalten feine Einschlüsse von Bleiglanz (ebenfalls hellgrau, fast weiß). Natürliche Porenhohlräume (dunkelgrau, fast schwarz, Innenreflexe).

Anschliff, Ölimmersion, Vergr.: 500 x.

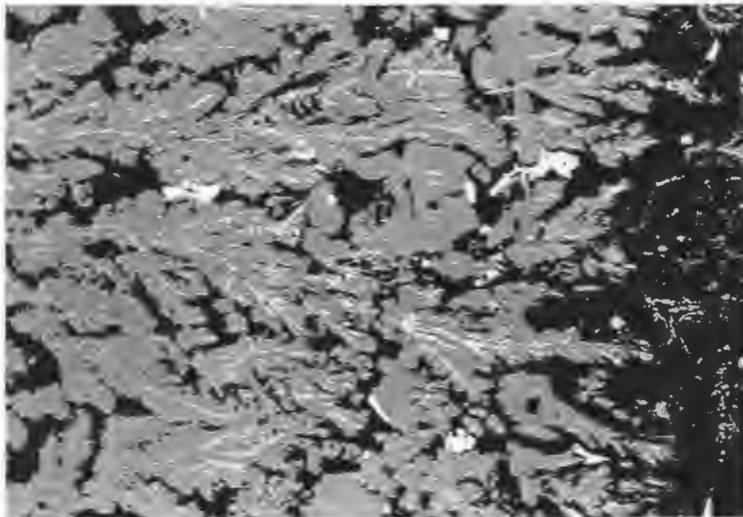


Abb. 75: Probe OLGA II - 26 GTVA. Hydrothermalfeld 1 „Wienerwald“, 3° 9,881' S, 150° 16,777' E, Wassertiefe 2 491 m.

Dendriten von Wurtzit und Zinkblende (beide mittelgrau) weisen randlich stellenweise Markasit (hellgrau, fast weiß) als Zwickelfüllung auf und werden wie dieser fein von Opal-Gangart (schwarz) gesäumt. Die Dendriten führen, häufig zonar im Zentrum, feine Einschlüsse von Kupferkies (ebenfalls hellgrau, fast weiß). Natürliche Porenhohlräume (ebenfalls schwarz).

Anschliff, Vergr.: 150 x.

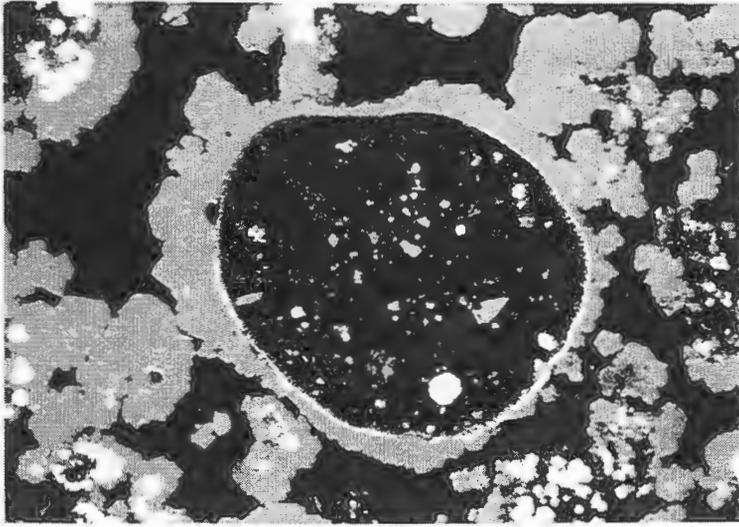


Abb. 76: Probe OLGA II - 26 GTVA. Hydrothermalfeld 1 „Wienerwald“, 3° 9,881' S, 150° 16,777' E, Wassertiefe 2 491 m.

Blasenförmiger Hohlraum wird fein durch Pyrit (hellgrau, fast weiß) gesäumt und außen von Schalenblende (mittelgrau) überwachsen, peripher gefolgt von Dendriten von Zinkblende und Wurtzit (beide ebenfalls mittelgrau). In diesen Dendriten finden sich stellenweise feine Einschlüsse von Kupferkies (hellgrau, fast weiß) und idiomorphem Pyrit (ebenfalls hellgrau, fast weiß). Benachbarte Dendriten enthalten öfters im Zentrum rhythmisch-konzentrischen Pyrit, teilweise begleitet von ein wenig Schalenblende. Im Zentrum des blasenförmigen Hohlraumes ist sehr poröse Opal-Gangart (schwarz) zu beobachten, die stellenweise feine Einschlüsse von Zinkblende, Wurtzit und Pyrit enthält, letzteren auch in Sphäroiden. Reichlich natürliche Porenhohlräume (dunkelgrau, fast schwarz).

Anschliff, Vergr.: 120 x.

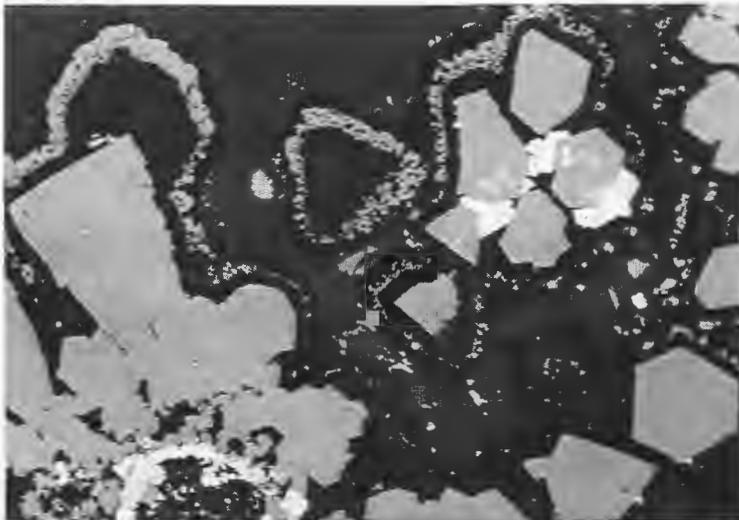


Abb. 77: Probe OLGA II - 53 GTVA. Hydrothermalfeld 1 „Wienerwald“, 3° 9,804' S, 150° 16,789' E, Wassertiefe 2 491 m.

Rhythmisch-konzentrischer bis radialer Pyrit (hellgrau, fast weiß) begleitet von etwas Schalenblende (mittelgrau) geht in Dendriten von Zinkblende (ebenfalls mittelgrau) über, die ihrerseits von Wurtzit (ebenfalls mittelgrau) überwachsen werden, der idiomorphe Entwicklung nach {0001} aufweist. Er wird seinerseits von rhythmischen Wechselfolgen von Opal-Gangart (dunkelgrau, fast schwarz) und Schalenblende überwachsen, wobei Opal-Gangart auch den Abschluß bildet. Reichlich natürliche Porenhohlräume (dunkelgrau).

Anschliff, Vergr.: 120 x.

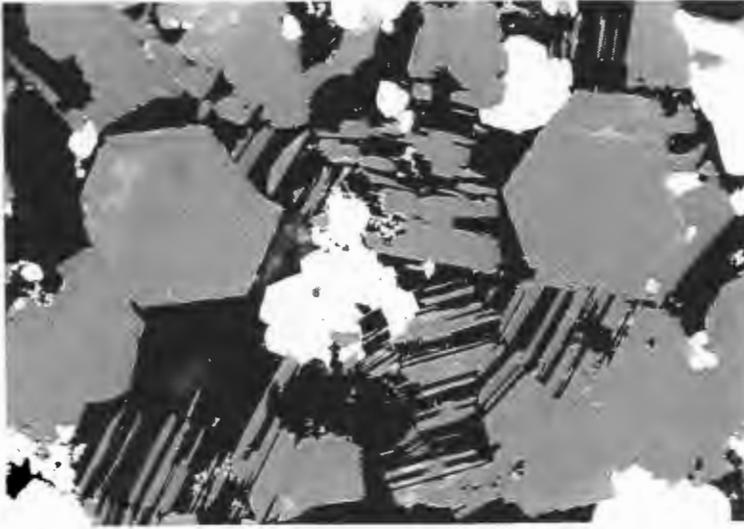


Abb. 78: Probe OLGA II - 22 GTVD. Hydrothermalfeld 1 „Wienerwald“, 3° 9,868' S, 150° 16,778' E, Wassertiefe 2 493 m.

Idiomorph tafelig nach {0001} entwickelter Wurtzit (mittelgrau, teilweise Innenreflexe) wird teilweise fein von Kupferkies (hellgrau, fast weiß) gesäumt sowie auch von körnigem Pyrit (ebenfalls hellgrau, fast weiß) umwachsen, der manchmal idiomorphe Ausbildung beobachten läßt und Hohlräume von Wurtzit ausfüllt. Gelegentlich läßt Wurtzit Zonarbau durch feine Unterschiede im Reflexionsvermögen sowie durch feinste Einschlüsse von Kupferkies erkennen. In Querschnitten von idiomorphem Wurtzit wird dessen dünntafelige Ausbildung besonders deutlich. Opal-Gangart, natürliche Porenhohlräume (beide schwarz, örtlich Innenreflexe).

Anschliff, Ölimmersion, Vergr.: 250 x.



Abb. 79: Probe OLGA II - 20 GTVA. Hydrothermalfeld 1 „Wienerwald“, 3° 9,894' S, 150° 16,776' E, Wassertiefe 2 482 m.

Idiomorph nach {0001} entwickelte Tafeln von Wurtzit (mittelgrau in verschiedenen Tönen, teilweise Innenreflexe) lassen durch Unterschiede im Reflexionsvermögen deutlich Zonarbau erkennen. Wurtzit enthält kleine Einschlüsse von Kupferkies mit feiner Entmischung von Chalkopyrrhotin (beide hellgrau, fast weiß, in Abb. nicht unterscheidbar), stellenweise durchziehen die Einschlüsse den Wurtzit auch orientiert in feinen parallelen Lamellen. Randlich wird Wurtzit von Opal-Gangart (schwarz) gesäumt. Natürliche Porenhohlräume (ebenfalls schwarz).

Anschliff, Ölimmersion, Vergr.: 1 000 x.

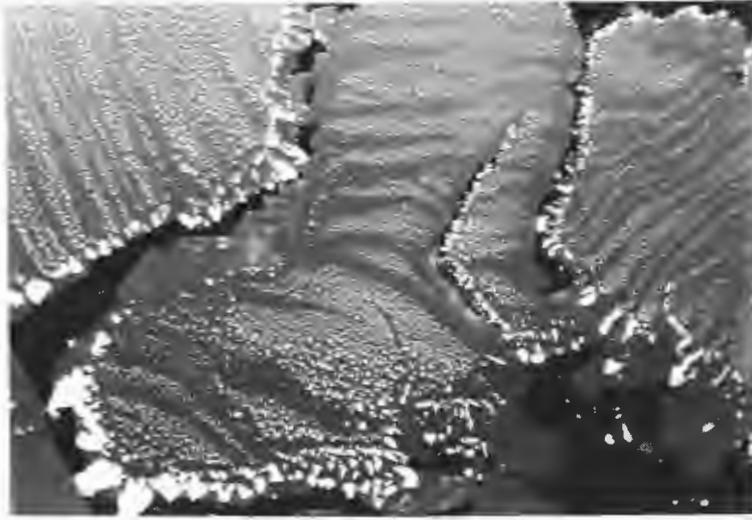


Abb. 80: Probe OLGA II - 42 GTVD. Hydrothermalfeld 1 „Wienerwald“, 3° 9,885' S, 150° 16,788' E, Wassertiefe 2 488 m.

Ausschnitt aus dendritischen Aggregaten von Zinkblende und Wurtzit (beide mittelgrau, örtlich Innenreflexe), die randlich idiomorphe Entwicklung aufweisen können und von Opal-Gangart (schwarz) gesäumt werden. Zonar enthalten die Aggregate reichlich fein- bis mittelkörnige Einschlüsse von Kupferkies (hellgrau, fast weiß). Natürliche Porenhohlräume (ebenfalls schwarz).

Anschliff, Ölimmersion, Vergr.: 250 x.

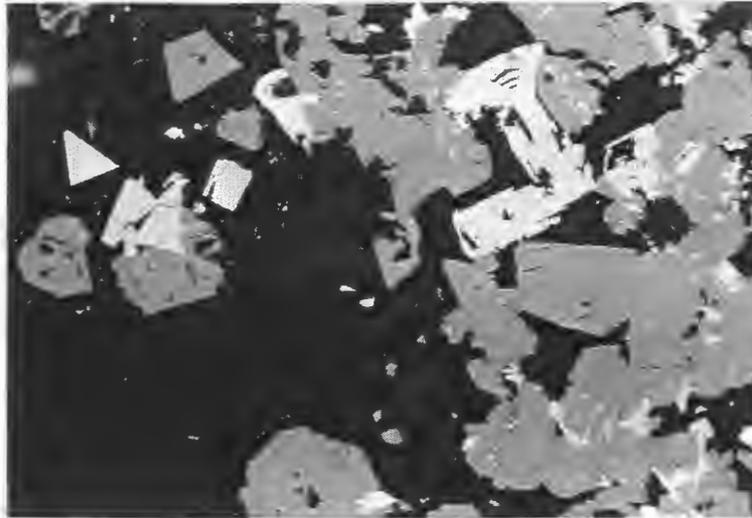


Abb. 81: Probe OLGA II - 13 GTVA. Hydrothermalfeld 2, 3° 9,453' S, 150° 16,064' E, Wassertiefe 2 490 m.

Idiomorphe Kristallaggregate von Wurtzit und Zinkblende (beide mittelgrau) enthalten zonar stellenweise feine Einschlüsse von Kupferkies (hellgrau, fast weiß) sowie randlich aufgewachsen öfters Bleiglanz (ebenfalls hellgrau, fast weiß) in grobkörnigen Kristallaggregaten bis Kristallskeletten, örtlich begleitet von Spuren von Kupferkies, alle letztlich abschließend dünn von Opal-Gangart (schwarz) gesäumt. Reichlich natürliche Porenhohlräume (dunkelgrau, fast schwarz).

Anschliff, Vergr.: 120 x.



Abb. 82: Probe OLGA II - 33 GTVA. Hydrothermalfeld 2, $3^{\circ} 9,468' S$, $150^{\circ} 17,037' E$, Wassertiefe 2 472 m.
 "Gestrickter" Bleiglantz (hellgrau, fast weiß) mit prächtig entwickelten Kristallskeletten parallel den Würfelkanten findet sich in natürlichen Poren bzw. Hohlräumen und in Opal-Gangart sowie örtlich randlich an das Bleioxid Plattnerit (rechte obere Bildecke) (alle schwarz, z. T. durch Innenreflexe aufgehellt).
 Anschliff, Ölimmersion, Vergr.: 1 000 x.

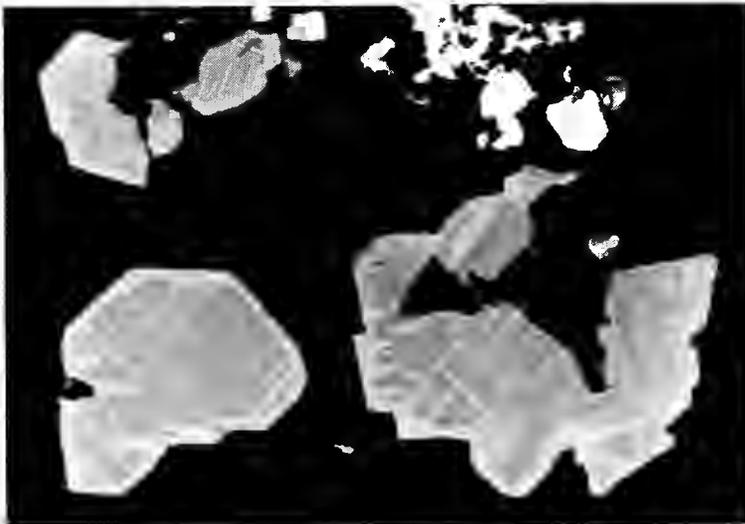


Abb. 83: Probe OLGA II - 20 GTVA. Hydrothermalfeld 1 „Wienerwald“, $3^{\circ} 9,894' S$, $150^{\circ} 16,776' E$, Wassertiefe 2 482 m.
 Idiomorph entwickelter Chalkopyrrhotin (hellgrau) weist Entmischung von Kupferkies (mittelgrau) in feinen Spindeln auf. Teilweise werden die Chalkopyrrhotin-Aggregate von Opal-Gangart (schwarz) gesäumt, stellenweise werden sie orientiert umwachsen von Zinkblende (ebenfalls schwarz). Örtlich finden sich kleine Kristallaggregate von Pyrit (hellgrau, fast weiß).
 Anschliff, Ölimmersion, Vergr.: 1 600 x.

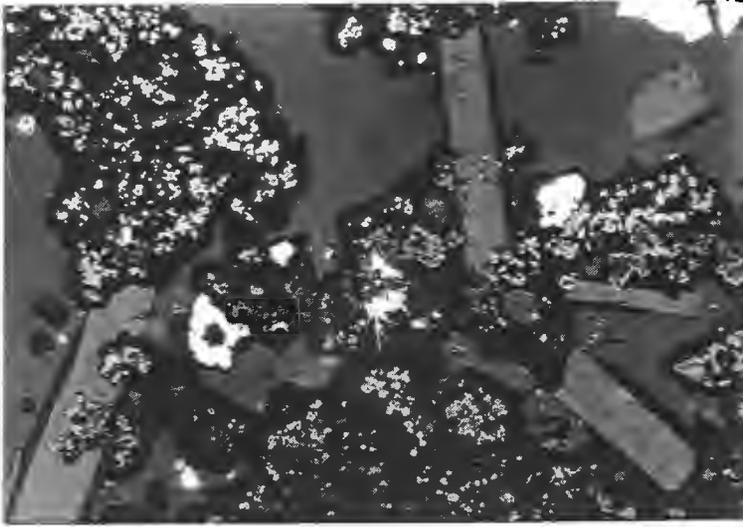


Abb. 84: Probe OLGA II - 23 GTVD. Hydrothermalfeld 1 „Wienerwald“, 3° 9,871' S, 150° 16,778' E, Wassertiefe 2 496 m.

Idiomorph tafelig entwickelter Baryt (heller dunkelgrau) wird dünn gesäumt von Opal-Gangart (schwarz). In den kolloidalen Massen von Opal-Gangart finden sich feintrhythmische, konzentrisch-schalige, kolloidale Massen von Birnessit (mehr einheitlich mittelgrau) und Todorokit (mittelgrau bis dunkelgrau, Reflexionspleochroismus). Pyrit, lokal begleitet von Markasit (beide hellgrau, fast weiß), zeigt stellenweise idiomorphe Entwicklung und enthält eine Pseudomorphose nach einem Arthropoden (Bildmitte). Reichlich natürliche Porenhohlräume (dunkelgrau).

Anschliff, Vergr.: 75 x.



Abb. 85: Probe OLGA II - 23 GTVD. Hydrothermalfeld 1 „Wienerwald“, 3° 9,871' S, 150° 16,778' E, Wassertiefe 2 496 m.

Detail aus Abb. 84 mit Opal-Gangart (schwarz, teilweise durch Innenreflexe stark aufgehellte), darin stellenweise rhythmische, traubig-nierige bis konzentrisch-schalige Fällungen von Manganhydroxid, vorherrschend feinfaseriger Todorokit und etwas Birnessit (beide dunkelgrau in verschiedenen Tönen). In Opal-Gangart eingebettet liegt eine Pseudomorphose von Pyrit (hellgrau, fast weiß) nach einem Arthropoden, vermutlich eine Krebs-Larve und dokumentiert eindrucksvoll eine rezente Fossilisation.

Anschliff, Ölimmersion, Vergr.: 1 000 x.

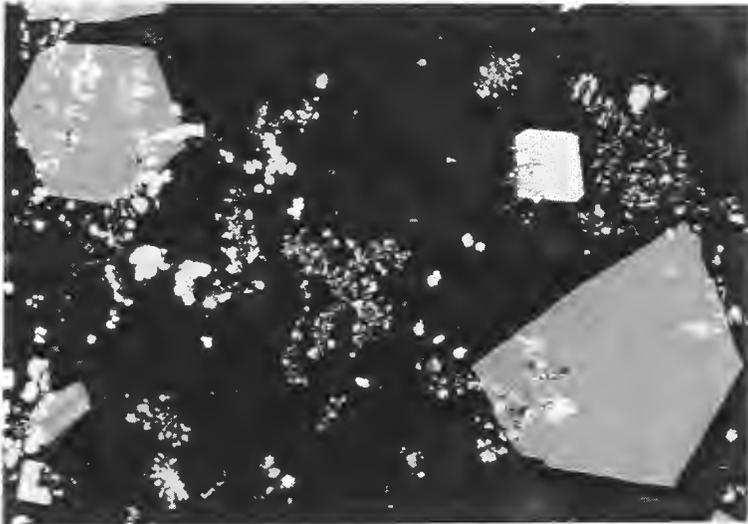


Abb. 86: Probe OLGA II - 13 GTVA. Hydrothermalfeld 2, 3° 9,453' S, 150° 17,064' E, Wassertiefe 2 490 m. Idiomorpher Wurtzit (mittelgrau, örtlich Innenreflexe) und idiomorpher Bleiglanz (hellgrau, fast weiß) werden randlich gesäumt von Opal-Gangart (dunkelgrau, fast schwarz). Die kolloidalen Massen von Opal-Gangart enthalten kleine Aggregate von Pyrit (ebenfalls hellgrau, fast weiß), der örtlich außerdem in kleinen „Himbeeren“ vorliegt. Wurtzit enthält neben reichlich Pyrit eine Spur Kupferkies (ebenfalls hellgrau, fast weiß). Im Bleiglanz ist örtlich gediegen Gold (weiß) als Einschluf zu beobachten. Reichlich natürliche Porenhohlräume (dunkelgrau).
Anschliff, Vergr.: 75 x.

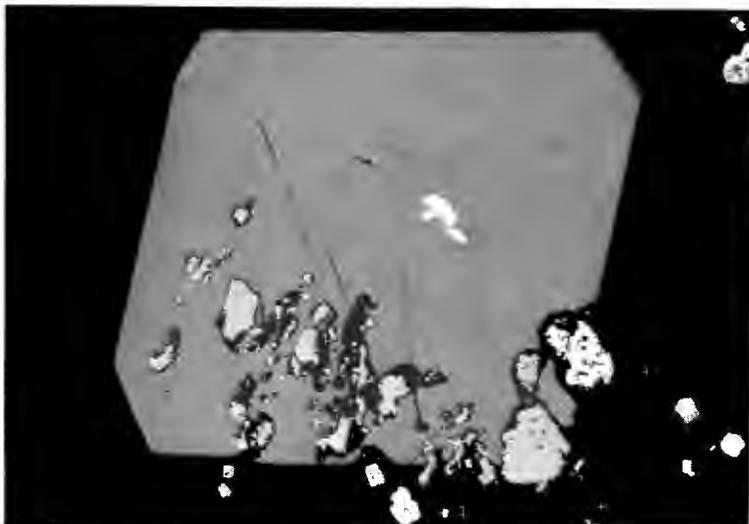


Abb. 87: Probe OLGA II - 13 GTVA. Hydrothermalfeld 2, 3° 9,453' S, 150° 17,064' E, Wassertiefe 2 490 m. Detail aus Abb. 86 mit idiomorphem Bleiglanz (mittelgrau), randlich gesäumt von Opal-Gangart (schwarz). Beide enthalten zahlreiche Einschlüsse von Pyrit (hell mittelgrau). Im Bleiglanz findet sich außerdem ein Einschluf von gediegen Gold (weiß, annähernd im Zentrum).
Anschliff, Ölimmersion, Vergr.: 1 050 x.

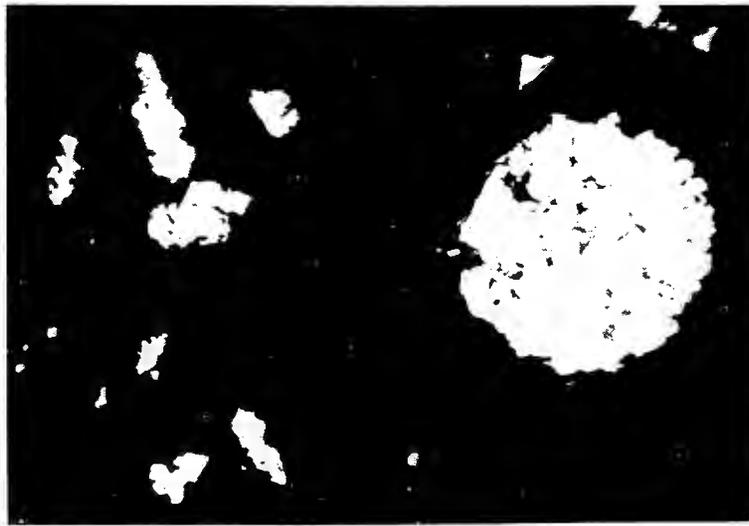


Abb. 88 a



Abb. 88 b

Abb. 88: Probe OLGA II - 25 GTVA. Hydrothermalfeld 1 „Wienerwald“, $3^{\circ} 9,861' S$, $150^{\circ} 16,791' E$, Wassertiefe 2 489 m.

Basalt-Gangart (schwarz, Innenreflexe) enthält feine Kristallskelette von Magnetit (dunkelgrau, fast schwarz, in Abb. schwer zu erkennen) sowie größere Aggregate von Magnetkies (mittelgrau in unterschiedlichen Tönen - Reflexionspleochroismus) mit Kupferkies (heller mittelgrau), beide auch in einem Kügelchen, darin außerdem ein Fünckchen von gediegen Gold (hellgrau, fast weiß, in Abb. 88 a schwer zu erkennen). Im Detail (Abb. 88 b) zeigt dieses Sulfid-Kügelchen das Fünckchen von gediegen Gold (hellgrau, fast weiß, rechts von Bildmitte) an der Grenze von Kupferkies (hellgrau) zu Magnetkies (Spur dunkler hellgrau bis mittelgrau - Reflexionspleochroismus!), daneben sind einige Einschlüsse von Basalt-Gangart (schwarz) sowie gelegentlich kleine natürliche Porenhohlräume (ebenfalls schwarz) anzutreffen.

Anschliff, Ölimmersion, Vergr. Abb. 88 a: 400 x,

Abb. 88 b: 3 100 x.



Abb. 89 a



Abb. 89 b

Abb. 89: OLGA II - OFOS 34 - 308 (Abb. 89 a) - 24 - 276 (Abb. 89 b). Hydrothermalefeld I „Wienerwald“, 3° 9,853' S, 150° 16,816' E, Wassertiefe 2 494 m. Konzentriert um eine offene, breitere und tiefe Kluft in Kissenlava finden sich zahlreiche geweihförmige Weichkorallen, einige Hornkorallen (*Gorgonaria spec.?*) sowie zwei koloniebildende Staatsqualen (*Siphonophoren*) und ein riesiger Kieselschwamm. Örtlich (Abb. 89 a, linke untere Bildecke) ist eine rotviolette Seegurke (*Holothurie*) anzutreffen. Die Lavakissen zeigen etwas Bedeckung mit z. T. hydrothermale Sediment.

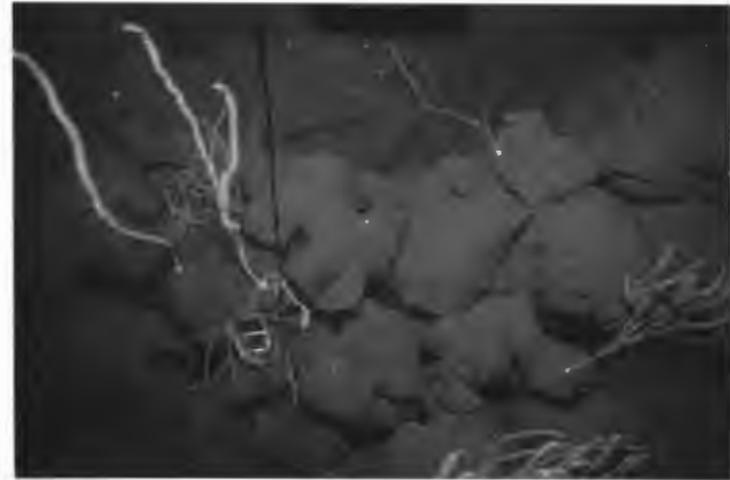


Abb. 90: OLGA II - OFOS 23 - 183. Hydrothermalefeld I „Wienerwald“, 3° 9,885' S, 150° 16,794' E, Wassertiefe 2 490 m. Gehäuftes Auftreten von geweihförmigen Weichkorallen und Hornkorallen (*Gorgonaria spec.?*) auf typischer Kissenlava. Gelegentlich finden sich anomure Krebse (*Munidopsis spec.*), örtlich eine Seeanemone (*Aktinie*).

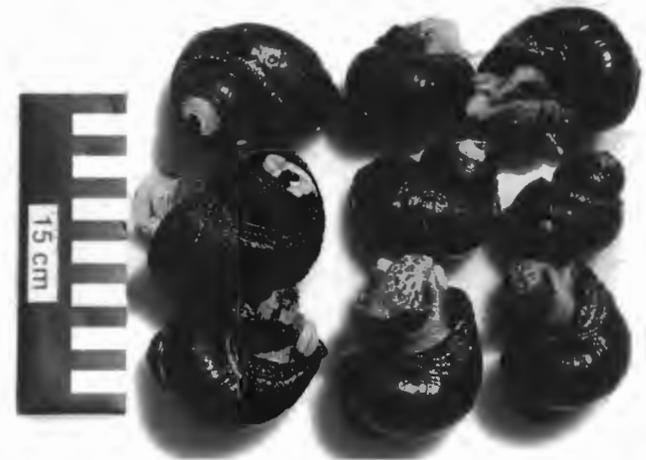


Abb. 91: Hydrothermalefeld I „Wienerwald“. Bei normalem Atmosphärendruck noch (!) lebende Exemplare der schwarzen Schnecke *Olgaconcha tufari* L. A. BECK, 1991 n. gen. et n. spec. vom Besatz aktiver Schwarzer Raucher aus einer Wassertiefe um 2 500 m. Jede schwarze Schnecke zeigt einen durch die saure hydrothermale Lösung teilweise angelösten Apex. Auf einigen Schalen finden sich Exemplare der Napfschnecke *Olgasolaris tollmanni* L. A. BECK, 1992 n. gen. et n. spec.

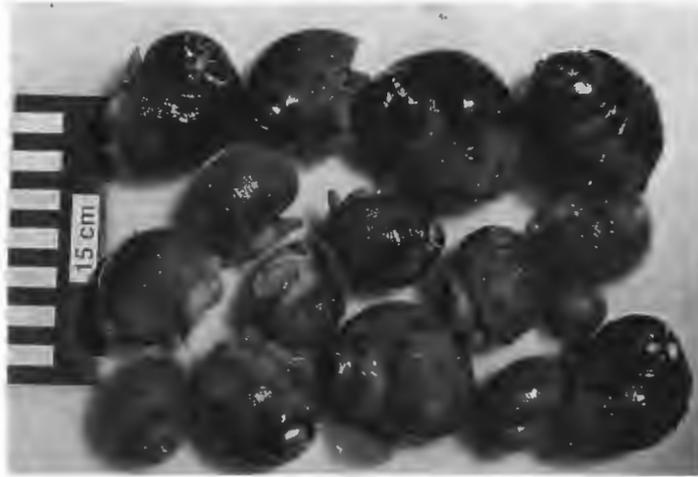


Abb. 92: Hydrothermalfeld I „Wienerwald“.

Bei normalem Atmosphärendruck noch lebende (!) Exemplare der „behaarten“ Schnecke *Alviniconcha cf. hessleri* OKUTANI & OHTA, 1988, vom Besatz aktiver Schwarzer Raucher aus einer Wassertiefe um 2 500 m. Jede „behaarte“ Schnecke zeigt einen durch die saure hydrothermale Lösung teilweise angelösten Apex.

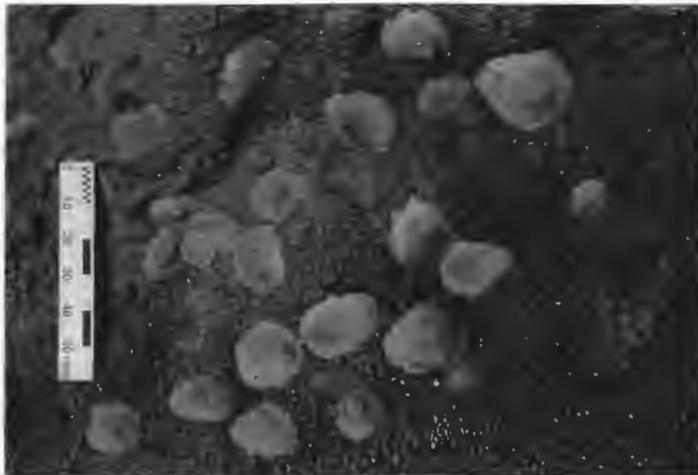


Abb. 93: Probe OLGA II - 57 GTVA. Hydrothermalfeld I „Wienerwald“, 3° 9,816' S, 150° 16,825' E, Wassertiefe 2 492 m.

Exemplare der Napfschnecke *Symmetromphalus hageni* L. A. BECK, 1992 n. spec., als Besatz eines aktiven Schwarzen Rauchers.

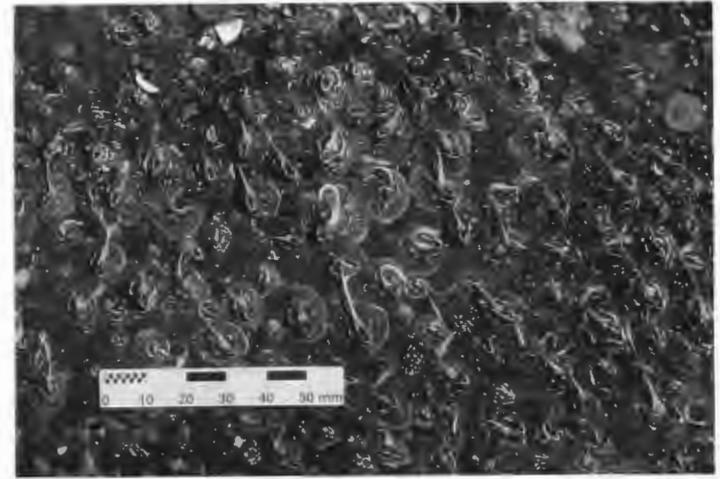


Abb. 94: Probe OLGA II - 17 GTVA. Hydrothermalfeld I „Wienerwald“, 3° 9,861' S, 150° 16,777' E, Wassertiefe 2 500 m.

Dichter Besatz von lebenden, z. T. kopulierenden Exemplaren der Seepocke *Eochionelasmus ohtai* YAMAGUCHI & NEWMAN, 1990, um einen aktiven Schwarzen Raucher.



Abb. 95: Hydrothermalfeld I „Wienerwald“.

Bei normalem Atmosphärendruck noch lebende (!) Exemplare der blinden Krabbe *Austinograea alayseeae* GUINOT, 1989, vom Besatz aktiver Schwarzer Raucher aus einer Wassertiefe um 2 500 m.



Abb. 96: Probe OLGA II - 42 GTVD. Hydrothermalfeld 1 „Wienerwald“, 3° 9,885' S, 150° 16,788' E, Wassertiefe 2 488 m.
Feine Röhren von Meeresborstenwürmern (Polychaeten) als Besatz eines aktiven Schwarzen Rauchers.

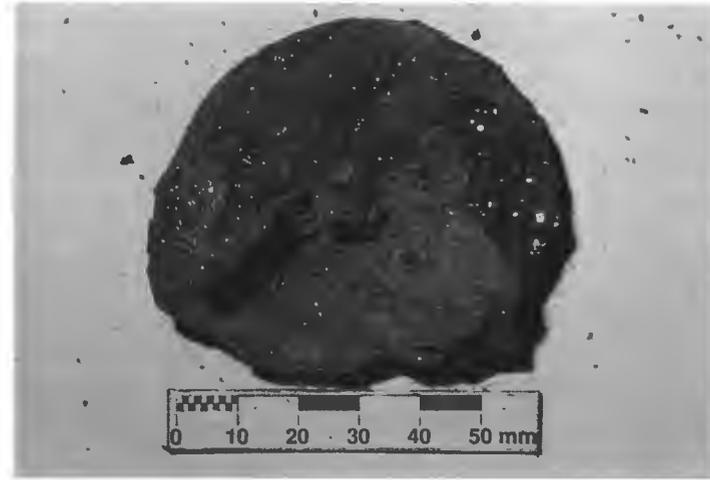


Abb. 98: Probe OLGA II - 15 GTVA. Hydrothermalfeld 1 „Wienerwald“, 3° 9,876' S, 150° 16,792' E, Wassertiefe 2 491 m.
Rezente fossilisiertes Exemplar der schwarzen Schnecke *Olgaconcha tufari* L. A. BECK, 1991 n. gen. et n. spec., aus einem zinkreichen aktiven Schwarzen Raucher. Besonders in einem Hohlraum finden sich reichlich Kristallaggregate von Kupferkies.

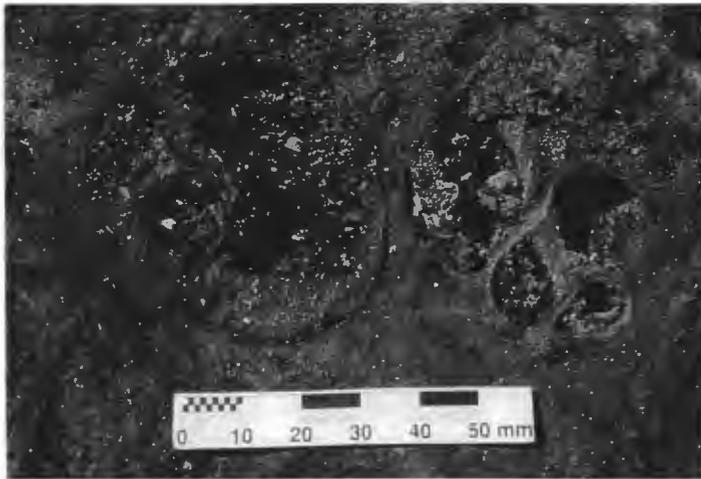


Abb. 97: Probe OLGA II - 16 GTVA. Hydrothermalfeld 1 „Wienerwald“, 3° 9,862' S, 150° 16,801' E, Wassertiefe 2 494 m.
Rezente fossilisierte Exemplare der schwarzen Schnecke *Olgaconcha tufari* L. A. BECK, 1991 n. gen. et n. spec., in einem zinkreichen Schwarzen Raucher.

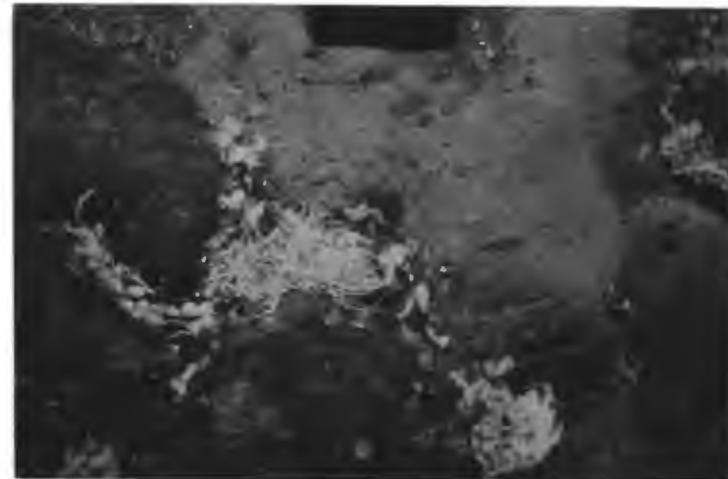


Abb. 99: OLGA II - OFOS 21 - 425. Hydrothermalfeld 4, 3° 22,27' S, 150° 2,16' E, Wassertiefe 2 189 m.
Kissenlava zeigt teilweise Anflug von hydrothermale Sediment und enthält in Zwickeln, in denen hydrothermale Lösung austritt, gehäuft Kolonien von Pogonophoren (*Ridgeia spec.*), mit denen sich auch einige rosafarbene Sessile anemonen (n. spec.) finden.



Abb. 100: OLGA II - OFOS 21 - 422. Hydrothermalfeld 4, $3^{\circ} 22,27' S$, $150^{\circ} 2,16' E$, Wassertiefe 2 183 m. Entlang einer Kluft in Kissenlava markiert eine Ansammlung von rosafarbenen Seeanemonen (*n. spec.*), begleitet von einigen Pogonophoren (*Ridgeia spec.*), den Austritt von hydrothermaler Lösung.

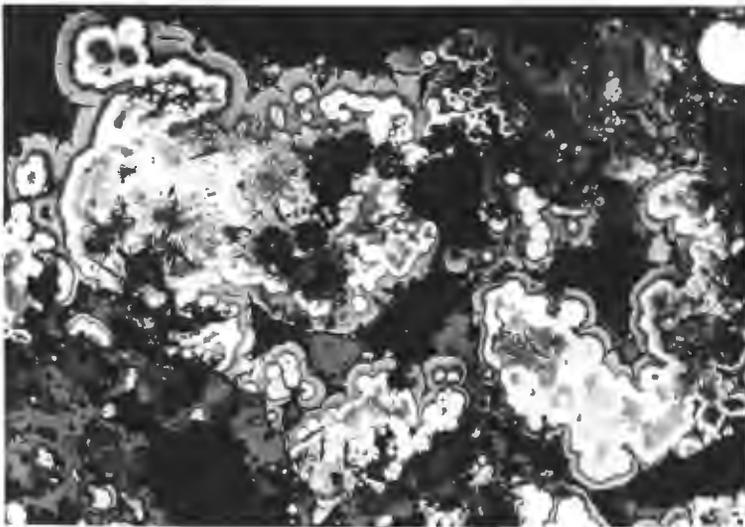


Abb. 101: Tiefseeberg Palimuro, Tyrrhenisches Meer, $39^{\circ} 32,44' N$, $14^{\circ} 42,06' E$, Wassertiefe 631 m. Prächtig ausgebildete kollidale Massen, bestehend aus rhythmisch schaligem bis konzentrisch-schaligem Pyrit (hellgrau, fast weiß), Melnikovitpyrit (hellgrau bis mittelgrau) und „Zwischenprodukt“ (mittelgrau bis dunkelgrau) sowie randlich und in Zwickeln Schalenblende (ebenfalls mittelgrau). Die kolloidalen Massen enthalten stellenweise kleine idiomorphe Tafeln und Kristallaggregate von Baryt (schwarz). Gelegentlich treten im Melnikovitpyrit und „Zwischenprodukt“ Schrumpfungsrisse auf. Örtlich findet sich ein Pyrit-Sphäroid (rechte obere Bildecke). Gangart, reichlich natürliche Poren Hohlräume (beide ebenfalls schwarz).
Anschliff, Vergr.: 85 x.

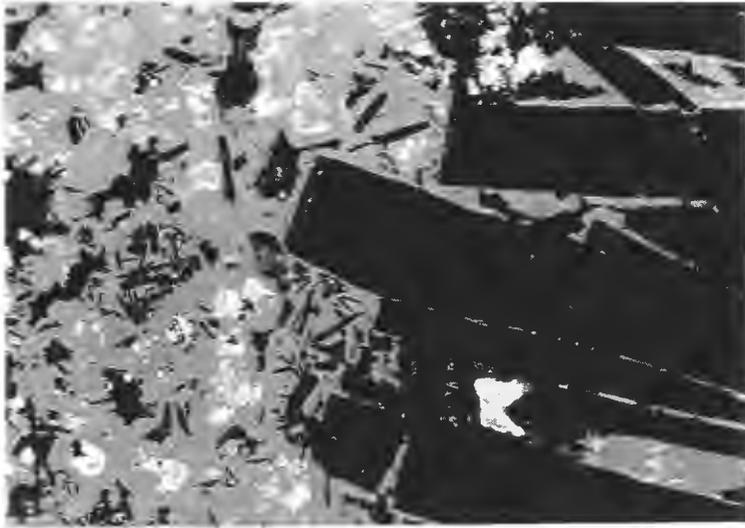


Abb. 102: Tiefseeberg Palimuro, Tyrrhenisches Meer, 39° 32,44' N, 14° 42,06' E, Wassertiefe 631 m.

Schalenblende (mittelgrau) enthält feinkörnigen Pyrit (hellgrau, fast weiß), örtlich auch in Sphäroiden, außerdem Bleiglanz (ebenfalls hellgrau, fast weiß), mit dem sie stellenweise in feiner, rhythmisch schaliger bis konzentrisch-schaliger Wechsellagerung anzutreffen ist sowie zahlreiche kleine idiomorphe Tafeln und Kristallaggregate von Baryt (dunkelgrau, fast schwarz). Bleiglanz bildet gelegentlich, lokal vergesellschaftet mit Covellin (ebenfalls dunkelgrau, fast schwarz) feinkörnige Hohlräumfüllungen in der Schalenblende und verheilt feine Risse bzw. Schrumpfungsrisse in dieser. Schalenblende füllt Zwickel im angrenzenden, grobblättrigen Baryt-Kristallaggregat und säumt, teilweise als dünner Intergranularfilm, die großen, idiomorph nach {001} entwickelten Baryt-Tafeln, und verheilt dabei einen Riß in einer gebrochenen Tafel. Peripher wird die Schalenblende teilweise ihrerseits fein von Bleiglanz gesäumt. Gangart, natürliche Porenhohlräume (beide schwarz).
Anschliff, Vergr.: 65 x.

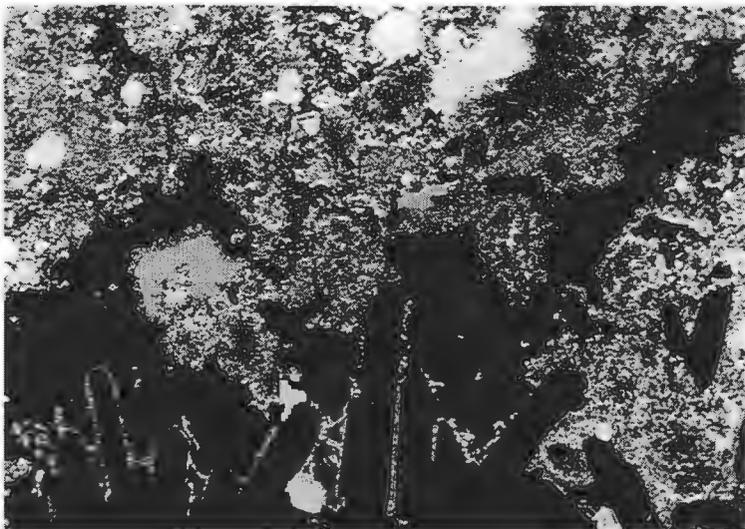


Abb. 103: Tiefseeberg Palimuro, Tyrrhenisches Meer, 39° 32,44' N, 14° 42,06' E, Wassertiefe 631 m.

Kristallaggregate von Baryt (schwarz) mit idiomorph nach {001} ausgebildeten Tafeln werden gesäumt von meist feinkörnigen, porösen Kristallaggregaten von Bleiglanz (hellgrau), die auch Zwickel in den Baryt-Kristallaggregaten füllen. Eingebettet in den Bleiglanz-Massen finden sich Pyrit (hellgrau, fast weiß) und Tennantit (mittelgrau), die beide idiomorphe Ausbildung aufweisen und von Bleiglanz gesäumt werden. Gangart, natürliche Porenhohlräume (beide ebenfalls schwarz).
Anschliff, Ölimmersion, Vergr.: 130 x.



Abb. 104 a



Abb. 104 b

Abb. 104: Tiefseeberg Palinuro, Tyrrhenisches Meer, 39° 32,44' N, 14° 42,06' E, Wassertiefe 631 m.

Blasenförmige Sphäroide mit einem Zentrum, das von Gangart (schwarz) eingenommen wird und einer äußeren Schale, die aus Pyrit (hellgrau, fast weiß) besteht, weisen zahlreiche Risse auf, vorherrschend typische Schrumpfrisse, die hauptsächlich von Pyrit verheilt werden. Bleiglanz (hellgrau), meist in feinkörnigen, porösen Kristallaggregaten, füllt und verkittet stellenweise ebenfalls Schrumpfrisse in den peripheren Bereichen des von der Gangart eingenommenen Kerns der Sphäroide, nahe an der Grenze zur äußeren Pyrit-Schale sowie in dieser selbst. Bleiglanz lagert außerdem randlich an die Pyrit-Schale an, auch um deren Bruchstücke, verkittet diese teilweise und füllt Zwickel zwischen Sphäroiden. Im Detail (Abb. 104 b) ist besonders eindrucksvoll die Verheilung von typischen Schrumpfrissen im äußeren Gangart-Kern sowie in der angrenzenden Pyrit-Schale durch Pyrit und Bleiglanz zu erkennen, der besonders deutlich in feinkörnigen, porösen Kristallaggregaten Schrumpfrisse in der Pyrit-Schale füllt und randlich um diese sowie um deren Bruchstücke anlagert. Natürliche Porenhöhlräume (ebenfalls schwarz).

Anschliff, Ölimmersion, Vergr. Abb. 104 a: 65 x,

Abb. 104 b: 160 x.

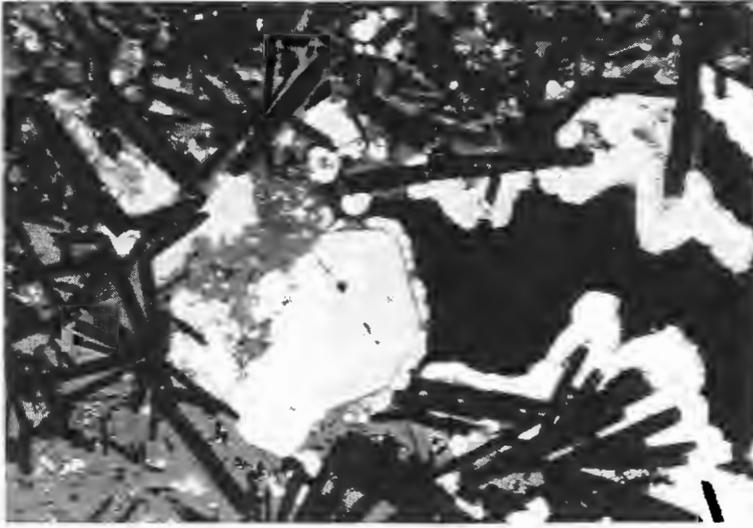


Abb. 105: Tiefseeberg Palinuro, Tyrrhenisches Meer, $39^{\circ} 32,44' N$, $14^{\circ} 42,06' E$, Wassertiefe 631 m. Schalenblende (mittelgrau), begleitet von ein wenig Bleiglanz (hellgrau) und Pyrit (hellgrau, fast weiß), der örtlich Sphäroide bildet, besitzt reichlich Einschlüsse von Baryt (schwarz), der idiomorph tafelig nach $\{001\}$ ausgebildet ist und füllt prächtig Zwickel in dessen Kristallaggregaten. Bleiglanz findet sich außerdem aufgewachsen in einem größeren, idiomorph begrenzten Aggregat. Dieses wird randlich, teilweise sehr dünn, von Schalenblende umwachsen, die ihrerseits wieder von Pyrit gesäumt wird. Dieser lagert auch direkt um Baryt-Tafeln oder um deren dünne Schalenblende-Säume („Filme“) an und füllt dabei obendrein Zwickel in Baryt-Kristallaggregaten. Gangart, natürliche Poren Hohlräume (beide ebenfalls schwarz).
Anschliff, Vergr.: 65 x.

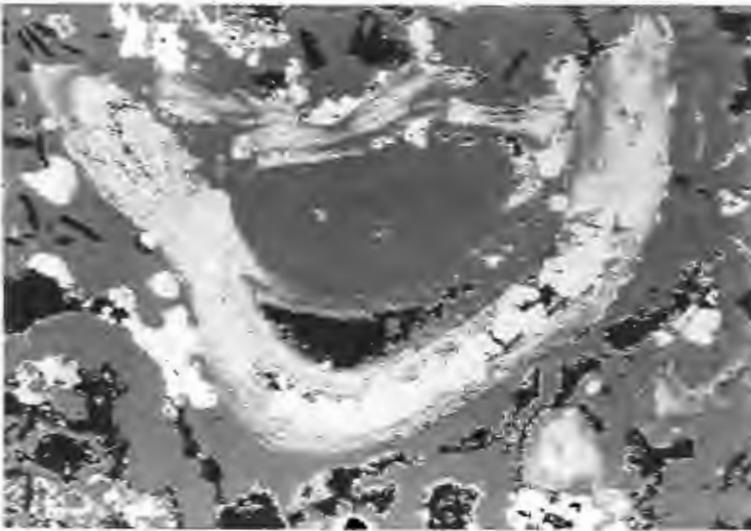


Abb. 106: Tiefseeberg Palinuro, Tyrrhenisches Meer, $39^{\circ} 32,44' N$, $14^{\circ} 42,06' E$, Wassertiefe 631 m. Schalenblende (mittelgrau) weist zonar feine, rhythmisch lagige Wechselfolgen mit vorherrschend Bleiglanz (hellgrau) auf, die deutlich Verformung bis hin zur Faltung und Zerlegung bzw. Zerreißung zeigen („Sedimentäre Deformation“ bzw. „Sedimentäre Faltung“, „Slumping“). Bleiglanz wird in diesen Wechselfolgen von Pyrit (hellgrau, fast weiß) begleitet, der teilweise mit ein wenig Melnikovitpyrit (hellgrau bis hell mittelgrau) vergesellschaftet ist und mit diesem dann in Sphäroiden vorliegt. Pyrit findet sich außerdem in natürlichen Poren Hohlräumen (schwarz). In der Schalenblende ist gelegentlich Baryt (ebenfalls schwarz) anzutreffen, idiomorph nach $\{001\}$ in Tafeln ausgebildet. Randlich an die Schalenblende und in deren Hohlräumen lagert feinkörniger Bleiglanz an und bildet stellenweise dünne Säume bzw. Überzüge.
Anschliff, Ölimmersion, Vergr.: 85 x.

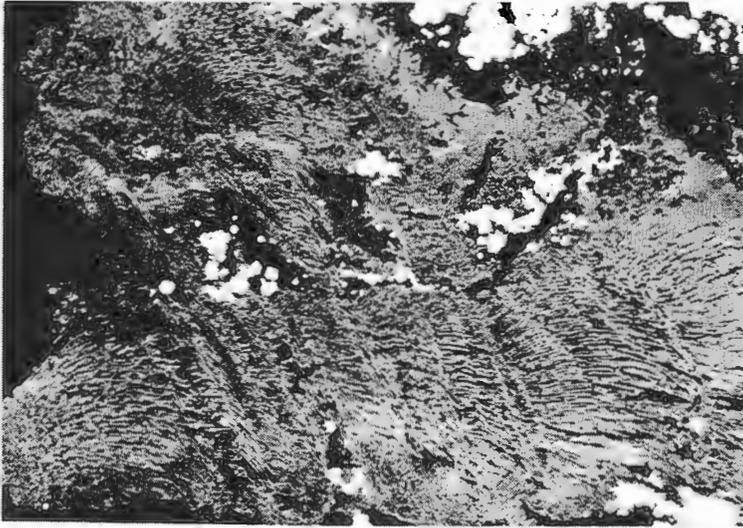


Abb. 107 a

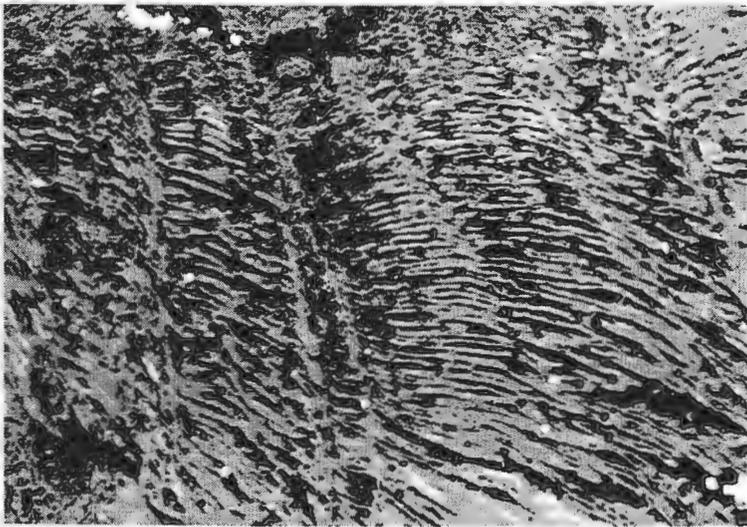


Abb. 107 b

Abb. 107: Tiefseeberg Palinuro, Tyrrhenisches Meer, $39^{\circ} 32,44' N$, $14^{\circ} 42,06' E$, Wassertiefe 631 m.

Mikrobielle Matten, vermutlich Bakterien-Matten, sind vollständig verdrängt und pseudomorphosiert von Zinkblende und Schalenblende (beide mittelgrau), die das Zentrum einer hemisphärischen Bakterien-Matte mit Laminiierungen ähnlich Jahresringen sowohl im Querschnitt, als auch im Längsschnitt abbilden und erkennen lassen. Im Detail (Abb. 107 b) sind besonders deutlich die mattenbildenden, laminar ausgerichteten Fäden vorherrschend im Längsschnitt zu erkennen. Stellenweise findet sich in den Bakterienmatten mit Zinkblende und Schalenblende etwas Pyrit (hellgrau, fast weiß), der peripher teilweise auch in Kristallaggregaten vorliegt. Gangart, natürliche Poren Hohlräume (beide schwarz).

Anschliff, Abb. 107 a: Ölimmersion, Vergr.: 15 x,

Abb. 107 b: Luft, Vergr.: 35 x.



Abb. 108: Tiefseeberg Palinuro, Tyrrhenisches Meer, 39° 32,44' N, 14° 42,06' E, Wassertiefe 631 m.

Pyrit (hellgrau, fast weiß) enthält zahlreiche Einschlüsse von Baryt (schwarz), der idiomorph nach {001} ausgebildet ist und dessen Tafeln unterschiedliche Größe aufweisen, außerdem von Schalenblende (mittelgrau, rechte obere Bildecke), die stellenweise Sphäroide bildet sowie von ein wenig Bleiglanz (hellgrau, in Abb. kaum von Pyrit unterscheidbar).

Anschliff, Vergr.: 65 x.



Abb. 109: Veovača (Bosnien).

Kolloidale, rhythmische, traubig-nierige bis konzentrisch-schalige Massen von Pyrit (hellgrau bis weiß), der in diesen auch in Sphäroiden vorliegt, enthalten zahlreiche Einschlüsse von idiomorph nach {001} entwickelten Baryt-Tafeln (schwarz), von Gangart (ebenfalls schwarz), die gleichfalls Sphäroide bildet sowie von ein wenig Schalenblende (mittelgrau), die desgleichen in Sphäroiden vorliegen kann. Außerdem verdrängt Schalenblende gelegentlich Baryt-Tafeln und füllt Zwickel in den kolloidalen Massen von Pyrit.

Anschliff, Vergr.: 65 x.