

Z. dt. geol. Ges.	136	157—166 4 Abb., 2 Tab.	Hannover 1985
-------------------	-----	---------------------------	---------------

DOI: 10.1127/zdgg/136/1985/157

Meteoritisches Eisen auf der Altmühlalb

MICHAEL APPEL *)

Meteoritic ironore, limestone, Upper Kimmeridgian, high plain,
Upper Miocene, geochemical analyses, meteoritic origin

Southwestern German Hills (Tettenwang), Bavaria

K u r z f a s s u n g : 85 km östlich des Rieskraters wurde bei der Ortschaft Tettenwang ein Eisenerzvorkommen entdeckt. Das Eisen tritt in verschiedenen Arten auf der von jurassischen Kalksteinen des Oberen Kimmeridge dargestellten obermiözänen Landoberfläche auf.

Im Hinblick auf die außergewöhnlichen Erscheinungsformen in Verbindung mit den Ergebnissen geochemischer Analysen ist ein meteoritischer Ursprung des Eisens anzunehmen.

[**Meteoritic ironore on the surface of the „Altmühlalb“ (Bavaria, Federal Republic of Germany)**]

A b s t r a c t : An occurrence of ironore was discovered in the neighborhood of the village of Tettenwang, 85 km east of the Ries impact crater. The iron (essentially alpha-FeOOH) occurs in several varieties together with jurassic limestones of the Upper Kimmeridgian. The ironore deposit is situated on the surface of the Altmühlalb which can be compared with a high plain. The origin of this surface can be dated as Upper Miocene.

In view of the exceptional appearance and the results of some geochemical analyses, especially the abundance of the siderophile elements Ni, Co and Mo, the ironore is interpreted in this paper to be of meteoritic origin.

1. Einführung

Bei Kartierungsarbeiten für eine Diplomarbeit auf Blatt 7036 Riedenburg (TK 25) wurde bei der Ortschaft Tettenwang ein Eisenerzvorkommen entdeckt. Nach Röntgenbeugungsaufnahmen ist das Tettenwanger Eisen ein Goethiterz (alpha-FeOOH), das als Verwitterungsprodukt von (in Spuren nachgewiesenem) Hämatit anzusehen ist. Das Eisenhydroxid wird im folgenden als Eisen bezeichnet.

*) Anschrift des Autors: cand. geol. M. APPEL, Geologisches Institut der Universität Würzburg, Pleicherwall 1, D — 8700 Würzburg.

Das 85 km von Mitte Ries entfernte Vorkommen liegt auf der sich östlich des Riesen erstreckenden Nivellierungsfläche (455—470 m NN) des Areals der Astrobleme (RUTTE 1974) am Südrand der Altmühlalb (Abb. 1). Sein Zentrum befindet sich 300 m nordöstlich des Dorfes Tettenwang (r: 4477460, h: 5418575). Das Eisen kommt auf einer Fläche von rund 35 ha vor.

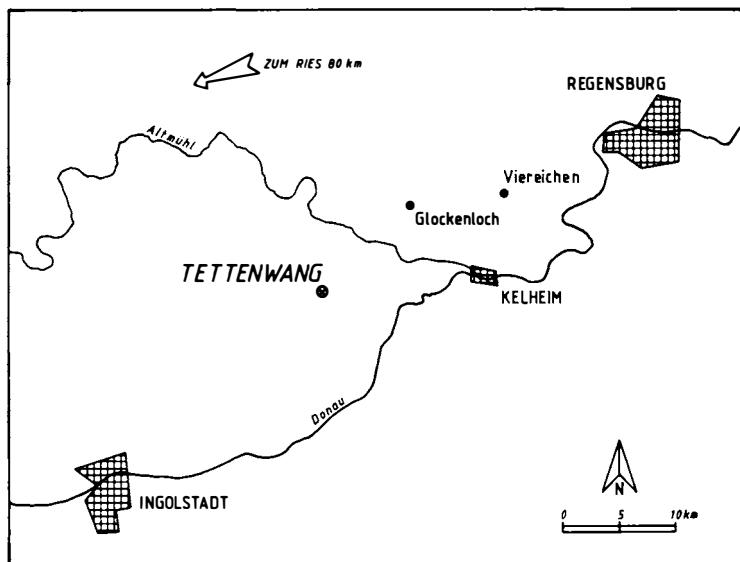


Abb. 1: Lage des Eisenerzvorkommens von Tettenwang und andere mit meteoritischem Eisen in Verbindung stehende Lokalitäten der Altmühlalb.

Im wesentlichen ist das Tettenwanger Eisen an die Oberfläche des in dieser Region häufigen Massenkalks des Malm Epsilon (Oberes Kimmeridge) gebunden.

Im bearbeiteten Revier können schätzungsweise zur Zeit auf einen Zentner Kalkgestein ca. 5 kg Eisenerz kommen. Doch ist davon auszugehen, daß ursprünglich weit größere Mengen angestanden haben, denn im Gebiet um Tettenwang gab es in historischer Zeit nachweislich nicht nur einen umfangreichen Abbau, sondern auch Verhüttung von Eisen. Dies zeigen die reichlichen Schlacken und die Bauernschmelzen in den umliegenden Waldgebieten, nicht zuletzt der Flurname „Eisengräh“ (= Eisengrube).

Eisenbergbau ist urkundlich für die Zeit ab dem 14. Jahrhundert in den benachbarten Ortschaften Georgenbuch und Schafshill belegt.

Ein vergleichbares Vorkommen in dieser Dimension ist bisher noch nicht beobachtet worden.

2. Beschreibung

Der überwiegende Teil der Fläche des Vorkommens wird landwirtschaftlich genutzt. Infolge der sehr geringmächtigen Bodendecke fördern die Bauern beim Pflügen immer wieder aus dem Anstehenden gelöste Malmkalkblöcke zutage. Auf und in diesen Kalksteinblöcken befindet sich das Eisen. Nach dem bisherigen Kenntnisstand drang das Eisen in flüssiger Form in den Kalkstein ein, ohne jedoch chemische Verbindungen mit dem Karbonat einzugehen. Die größeren und großen Blöcke werden regelmäßig von den Feldern entfernt und an den Feldrändern zu z. T. riesigen Lesesteinhaufen aufgetürmt, die dann ein großes Reservoir aller hier vorkommenden Eisenvarietäten darstellen.

Das braune bis schwarzbraune Eisenerz findet sich in folgenden Erscheinungsformen:

Krusten: Das Eisenerz erscheint in Kokarden, lagig, gebändert oder als harte krustige Eisenschwarze, die bis zu 5 cm stark sein kann. Manchmal sitzen diese Krusten dem Kalk ohne makroskopisch erkennbare Verbindung in das Gestein auf, dann wieder mit einer geringmächtigen Imprägnation in den Kalkstein eingreifend. Solche Krusten stellen die Masse des Eisenvorkommens von Tettenwang (Abb. 2).



Abb. 2: Eisenkruste auf Malmkalk in typischer Ausbildung.
Dicke, z. T. wulstige Eisenlagen greifen in Spalten und Vertiefungen ein.
Maßstab: 5 cm. (Foto: E. Keck).

Füllungen: Das Eisen dringt in zentimeter-breite Spalten, Klüfte und Haarrisse ein, wiederum entweder ohne makroskopische Verbindung in das angrenzende Gestein oder mit geringmächtiger Imprägnationszone. Im Eisen der Füllungen finden sich sehr häufig Splitter des Nachbargesteins.

Imprägnationen: Vier Varianten kommen vor:

- a) auf den Randbereich beschränkt und bis mehrere Zentimeter mächtig. Die Intensität der Imprägnation nimmt in der Regel vom Außenrand nach innen ab;
- b) als wolfig-schwarze einheitliche Totalimprägnation von maximal 50 cm im Durchmesser großen Kalkbrocken;
- c) als gleichartig intensiv braun bis schwarz gebänderte, bis mehrere Dezimeter mächtige krustige Lagen;
- d) als feinbändrige Anordnung nach dem System Liesegang'scher Ringe.

Brekzien-Matrix: Das Eisen füllt die Räume zwischen den Trümmerstücken von wahrscheinlich impaktisch geborstenem, eckig-splittrigem Malmkalk oder auch eines alemonitisierten, das heißt impaktisch vollständig silifizierten ehemaligen Kalksteins (Abb. 3). Es paßt sich in der Textur in der Regel lagig-schalig den Brekzienkomponenten an, kann aber auch mehr oder weniger dicht Zwischenräume ausfüllen.

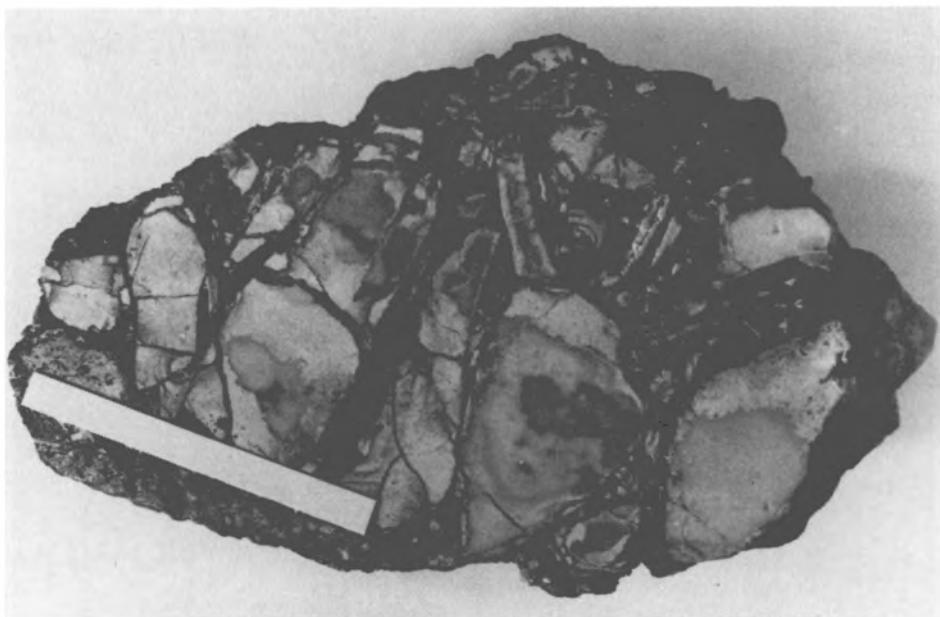


Abb. 3: Anschnitt einer Alemonit-Eisen-Brekzie.
Die alemonitisierten ehemaligen Kalkkomponenten sind wolfig in gelben, braunen, aber auch hellgrauen Tönungen, das Eisen kaffeebraun gefärbt.
Maßstab: 5 cm. (Foto: E. Keck).

Ein in mehrere dünne Scheiben gesägter Kalk-Eisen-Brocken demonstriert äußere Einwirkung zertrümmerte Bruchstücke, die zwar durch Risse und Fugen voneinander getrennt sind, aber nicht sehr aus ihrer ursprünglichen Lage gebracht worden sind (Abb. 4). Ebenso scheint hier eine einseitige Vererzung vorzuliegen, die bevorzugt entlang der Risse vorstatten ging.

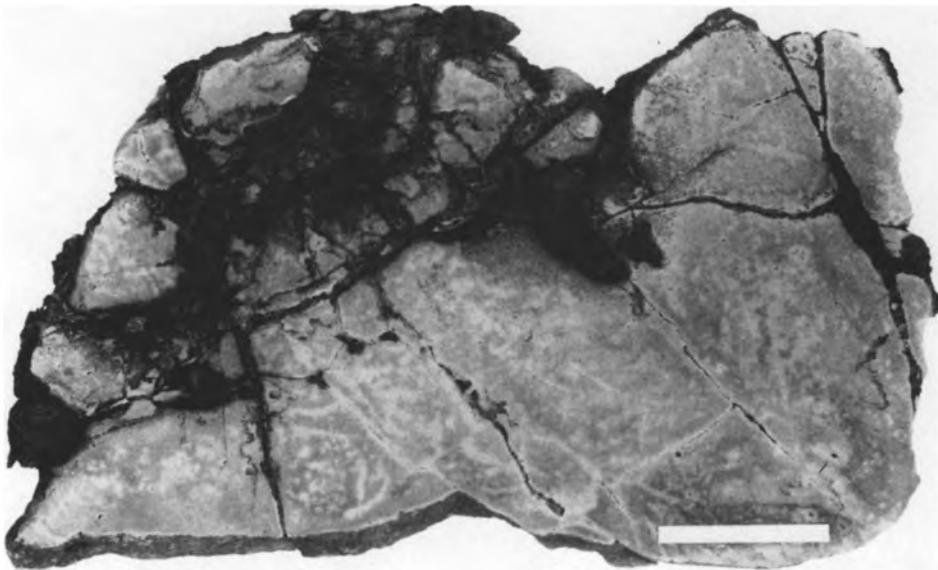


Abb. 4: Einseitige Vererzung, Risse und Sprünge und kokardenartige Eisenfüllungen in Hohlräumen in einem gesägten Kalk-Eisen-Brocken von Tettenwang.
Maßstab: 5 cm. (Foto: E. Keck).

3. Analysen

Quantitative und qualitative Analysen wurden dankenswerterweise im Untersuchungslaboratorium der BASF AG (Dr. A. WEBER), Ludwigshafen/Rhein angefertigt.

A) Quantitative Analysen

- Probe 1: Eisen aus einer Alemonit-Eisen-Brekzie (Abb. 3) —
- Probe 2: Eisen von einer Eisenkruste —
- Probe 3: Material von einem eisenimprägnierten Kalkstein.

Tabelle 1: Quantitativ bestimmte Elemente in drei Proben des Tettenwanger Eisens.

Element	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Analyseverfahren
Na	600 ppm	80 ppm	80 ppm	AAS
Mg	3400 ppm	4200 ppm	1200 ppm	AAS
Al	1.9 %	1.0 %	440 ppm	AAS
Si	11.7 %	2.6 %	2100 ppm	AAS
K	1600 ppm	690 ppm	—	AAS
Ca	6400 ppm	2.2 %	34 %	AAS
Ti	900 ppm	400 ppm	—	AAS
V	500 ppm	680 ppm	—	AAS
Cr	< 100 ppm	50 ppm	—	AAS
Mn	1200 ppm	2400 ppm	2000 ppm	AAS
Fe	39 %	49 %	8 %	AAS
Co	~ 100 ppm	140 ppm	—	AAS
Ni	400 ppm	410 ppm	20 ppm	AAS
Cu	~ 100 ppm	60 ppm	10 ppm	AAS
Zn	700 ppm	390 ppm	—	AAS
Sr	30 ppm	30 ppm	~ 10 ppm	RFA
Y	100 ppm	70 ppm	~ 20 ppm	RFA
Zr	80 ppm	60 ppm	< 10 ppm	RFA
Mo	< 100 ppm	40 ppm	20 ppm	AAS
Ba	100 ppm	100 ppm	< 50 ppm	RFA
Pb	< 100 ppm	10 ppm	—	AAS

B) Qualitative Analysen

Die Elemente wurden überwiegend mit der Methode der AAS nachgewiesen. Sr, Y, Zr und Ba wurden durch die RFA ermittelt.

Tabelle 2: Die Elemente sind in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit angegeben.

Probenbezeichnung	> 10 %	< 10 %	≥ 100 ppm	< 100 ppm
Eisenimprägnter Kalkstein	Fe Ca	—	Mn Si Mg Ba Y	Mo Ni Cu Ag Al Sr Na
Eisenimprägnter Kalkstein	Fe Ca	Si	Mn Al Mg Y	Mo Zn Ni Cu Cr Ti Zr Ba Sr
Eisenimprägnter Kalkstein	Ca	Fe Mg	Y	Mn Ni Cu Si Al Ba Sr
Eisenimprägnter Kalkstein, dolomitisch	Fe Ca Mg	—	V Ni Si Al Sr Na Y	Co Mn Mo Zn Cu Cr Zr Ba
Eisenimprägnter Kalkstein	Fe Ca	Si	Al Mg Sr Y	Co Mn Mo Zn Ni Cu V Cr Zr Ba Na
Eisenimprägnter Kalkstein, gebändert	Fe Ca	Mg	Mn Ba Y	Mo Ni Cu Ag Si Al Sr Na
Kalksteinkomponente aus Brekzie	Ca	Fe Mg	Y	Co Mn Ni Cu Si Al Ba Sr
Eisenkruste	Fe	Si Al Ca	V Cr Co Zn Ni Cu Mg Na K Y	Mn Mo Pb Ti Ba Sr Zr
Eisenkruste	Fe	Si	V Cr Co Zn Ni Cu Mo Al Mg Ca Y	Mn Pb Ba Zr Na

4. Beziehungen

ANDRITZKY & FRÖHLICH (1965) berichten in ihren Untersuchungen über die Erzlagerstätten von Auerbach, Sulzbach-Rosenberg und Amberg eine schwache Fe-Metasomatose im Jurakalk.

Im Weißerz (Siderit und Chamosit) stellen sie folgende Spurenelemente fest: Ni, Co, Mn, Ti, V, Cu, Zn, B, Sr und Ba; in von Brauneisen umgebenen Kaolinitknollen Ti, Ni, Co, Cr, sowie Mn, V, Cu, Zn, Pb, Be und Sr, sehr wenig Ba. Im Weißerz wurden ganz geringe Y-Gehalte festgestellt. Als Liefergebiet des Eisens wird das moldanubische Kristallin angegeben.

BAUSCH (1965) registriert in fränkischen Malmkalken (Delta-Epsilon) allgemeine Sr-Gehalte zwischen 100 und 200 ppm.

In der Bohrung Scherstetten wurden im Malm Delta-Epsilon 200 bis 400 ppm Ti registriert. Sr und Ti werden nach BAUSCH dem Sediment synsedimentär zugeführt und sind an nichtkarbonatische Bestandteile (Tonminerale) des Malmkalkes gebunden.

STÄHLE (1970) konnte in Gesteinen des Nördlinger Rieses eine Anreicherung von Ni und eine Anreicherung von Co feststellen. Die durchschnittlichen Gehalte an Ni in 70 untersuchten Riesgläsern liegen bei 30.1 ppm; der durchschnittliche Co-Wert aus 50 Riesgläsern bei 12.1 ppm. Die Ni-Anreicherung wird hier auf meteoritischen Ursprung zurückgeführt.

SCHNITZER & SCHWAB (1972) melden aus (anstehenden) Jurakalken und obermiözänen Süßwasserkalken der Kartenblätter Kipfenberg und Gaimersheim Ni-Gehalte von ca. 25 ppm im Jura und max. 50 ppm im Süßwasserkalk. Für den Ni-Gehalt der Gesteine auf den östlich vom Ries gelegenen Kartenblättern wird auch hier eine meteoritische Herkunft angenommen.

RUTTE (1974: 123) veröffentlichte die von E. PREUSS angefertigte Analyse einer Erzprobe der im Krater Sausthal gelegenen Lokalität Glockenloch (Abb. 1): Das Eisen enthält „ . . . in grober Abschätzung, etwa die Hälfte Fe und $\frac{1}{4}$ — $\frac{4}{5}$ Mn, darin auf Eisen bezogen, nur 5 ppm Co und 10 ppm Ni, mit Gehalten an Si, Mg, Al bei 10—20 %, einem auffällig hohen Y-Gehalt von 100 ppm sowie Be 10 ppm, Cu 3 ppm, 0,2 % Ti, 200 ppm V, 150 ppm Cr, 200 ppm Ga, kein Mo, fehlend Sn, Pb.“ — Dieses Erzvorkommen wird wie ein Vorkommen in eisenvererzten Molassesanden der Lokalität Viereichen (Abb. 1) von RUTTE (1984) als impaktisch gedeutet.

EL GORESY & CHAO (1977: 305) fanden im Bereich der komprimierten Zone am Boden des Rieskraters Metalladern, in durch Schockeinwirkung entstandenen mikroskopischen Brüchen. Dabei wurde „ . . . überwiegend Fe, etwa 11 % Cr, 6 % Ni und 0,3 % Co . . . “ festgestellt, sowie Gehalte von Ca und Si. Für alle Elemente wird eine meteoritische Herkunft (Steinmeteorit) nachgewiesen.

MORGAN et al. (1979) erbrachten den Nachweis kosmischen Materials in Riesgläsern, indem sie schwache Anreicherungen von siderophilen Elementen, insbesondere von Ir und Os, feststellten. Die registrierten Ni-Gehalte von 20—50 ppm müssen nach Meinung der Autoren nicht meteoritischen Ursprungs sein.

HORN et al. (1983) stellten Anreicherungen von siderophilen Elementen in der „graded fall-back unit“ des Nördlinger Rieses fest. Es werden überschüssige Gehalte von ca. 60 ppm Ni, ca. 10 ppm Co, ca. 90 ppm Cr und ca. 0,20 ppb Ir registriert und als Hinweis auf einen aubritischen Meteoriten gedeutet.

5. Deutung

RUTTE hat seit 1971 mehrfach herausgestellt, daß während des Riesereignisses im Gebiet zwischen Steinheimer Becken/Ries und Südböhmen/Niederösterreich, im Areal der Astrobleme, der Einschlag einer großen Zahl meteoritischer Körper die ober-miozäne Landoberfläche mit Kieselsubstanz und Eisen imprägnierte. Zugleich entstand die ausgedehnte Nivellierungsfläche der Südlichen Frankenalb und Randbereichen des Bayerischen Waldes.

Für einen wahrscheinlichen meteoritischen (steinmeteoritischen) Ursprung des Tettenwanger Eisenerzes sprechen:

- Die Anreicherung der siderophilen Elemente Ni, Co und Mo (bei Ni um einen Faktor von mindestens 10—20, bei Co von ca. 200 — verglichen mit den allgemeinen Daten für Karbonate von TUREKIAN & WEDEPOHL 1961);
- Die ungewöhnliche Konstellation von chalkophilen und lithophilen Elementen, deren Herkunft zum größten Teil nicht aus den umliegend anstehenden oder auch einstmals darüber liegenden Jurakalken abgeleitet werden kann;
- Die Spurenelementzusammensetzung des Eisens könnte insgesamt als steinmeteoritisch bezeichnet werden;
- Umfang und Strukturierung der Brekziierung und Zerbrechung der Malm-kalksteine.

6. Dank

Besonderer Dank gebührt Herrn Prof. Dr. E. RUTTE, Würzburg.

7. Schriftenverzeichnis

- ANDRITZKY, G. & FRÖHLICH, F. (1965): Mineralogische und geochemische Untersuchungen an den kretazischen Eisenerzlagerstätten von Auerbach, Sulzbach-Rosenberg und Amberg in der Oberpfalz. — N. Jb. Min. Abh., 104: 53—92; Stuttgart.
- BAUSCH, W. M. (1965): Strontiumgehalte in süddeutschen Malmkalken. — Geol. Rundschau, 55: 86—96; Stuttgart.
- EL GORESY, A. & CHAO, E. C. T. (1977): Discovery, origin, and significance of Fe-Cr-Ni veinlets in the compressed zone of the 1973 Ries research drill core. — Geologica Bavaria, 75: 305—321; München.

- HORN, P., PERNICKA, E. & POHL, J. (1983): Siderophile elements in the graded fall-back unit from Ries crater, Germany. — Schlussbericht zum DFG-Kolloquium „Impaktprozesse auf Planetenoberflächen“ 17./18. Juni 1983: 52—53; Münster.
- MASON, B. (1971): Handbook of elemental abundances in meteorites. — 555 S.; New York-Paris-London (Gordon & Breach).
- MORGAN, J. W., JANSENS, M.-J., HERTOGEN, J., GROS, J. & TAKAHASHI, H. (1979): Ries impact crater, southern Germany: search for meteoritic material. — Geochim. Cosmochim. Acta, **43**: 803—815; Oxford, New York, Paris, Frankfurt.
- RUTTE, E. (1971): Neue Ries-äquivalente Krater mit Brekzien-Ejekta in der südlichen Frankenalb, Süddeutschland. — Geoforum, **7**: 84—92; Braunschweig.
- (1972): Alemont — der Suevit-äquivalente Impactgesteinstyp der Südlichen Frankenalb. — Naturwissenschaften, **59**: 214; Heidelberg.
 - (1974): Neue Befunde zu Astroblemen und Alemonten in der Schweifregion des Rieskometen. — Oberrhein. geol. Abh., **23**: 97—126; Karlsruhe.
 - (1981): Bayerns Erdgeschichte. — 266 S.; München (Ehrenwirth).
 - (1984): Der Bergbau auf Eisenerz in Viereichen im Frauenforst zwischen Kelheim und Regensburg. — Weltenburger Akademie, Gruppe Geschichte: 1—23; Kelheim / Weltenburg.
- SCHNITZER, W. A. & SCHWAB, R. G. (1972): Das Riesphänomen als Impact eines Eisennickel-Meteoriten? — Nachr. Dt. Geol. Ges., **5**: 50—51; Hannover.
- STÄHLE, V. (1970): Nickel und Kobalt in Gesteinen des Nördlinger Ries. — Contr. Min. Petr., **28**: 72—88; Berlin, Heidelberg, New York.

Manuskript eingegangen am 29. 10. 84, Nachträge Dezember 1984.