

Hydrothermale Dolomitisierung im Kauffunger Kalkstein (Paläozoikum – W-Sudeten, Polen).

ARTUR SKOWRONEK und FRANK WROBEL

Geoconsult Skowronek & Wrobel GbR, Callinstr. 30, 30167 Hannover
Email: hannover@geoconsult-sw.de

Zusammenfassung

Innerhalb des Kauffunger Kalksteins treten an vulkanische Kontakthöfe gebundene Dolomit-Körper auf, die als post-varistische, hydrothermale Bildung interpretiert werden. Genetisch lassen sich zwei Dolomit-Typen unterscheiden: ein pervasiver Ersatzsatteldolomit und ein hohlraumfüllender Satteldolomit-Zement. Mikrogefüge und Sauerstoffisotopie beider Dolomit-Typen weisen auf erhöhte Bildungstemperaturen hin. Das Auftreten des Dolomits in Kontakthöfen querschlägiger rhyolithischer Gänge läßt auf eine enge petrogenetische Beziehung schließen. Dolomitmörper und rhyolithische Injektionen sind im Gegensatz zum Nebengestein durch ein auffallend kavernoöses Gefüge gekennzeichnet, so daß eine präkinematische Genese ausgeschlossen wird. Die Bildung von Ersatzsatteldolomit und Satteldolomit-Zement wird insgesamt als Begleiterscheinung des im Bober-Katzbach-Gebirge weit verbreiteten Permokarbon-zeitlichen Vulkanismus angesehen.

Abstract

Within the Kauffung Limestone dolomite bodies related to volcanic contacts occur and are interpreted as a post-Variscan, hydrothermal volcanogenic formation. Two genetic dolomite types are discernible: a pervasive replacement saddle dolomite and a cavity filling saddle dolomite cement. Micro texture and oxygen isotopy of both dolomite types refer to heightened temperatures of formation. The occurrence of the dolomite in contact to cross-cutting rhyolithic dikes points to a close petrogenetic relation. Dolomite bodies and rhyolithic injections in contrast to the rock wall are characterized by a distinctive cavernous texture, so that a prekinematic genesis is excluded. The formation of replacement saddle dolomite and saddle dolomite cement altogether are considered as a concomitant phenomenon of the Permo-Carboniferous volcanism widespread in the Bober-Katzbach Mountains.

Keywords: Paleozoic, Kauffung Limestone, W Sudetes, Bober-Katzbach Mts., Permo-Carboniferous volcanism, hydrothermal dolomite

EINLEITUNG

Der kristalline Kauffunger Kalkstein (wapienie wojcieszowskie) wird in der Umgebung von Kauffung (Wojcieszów) seit vielen Jahrzehnten als CaCO₃-reiches Karbonatgestein für die Baukalkherstellung abgebaut. Noch bis Mitte des 19. Jahrhunderts erlangte das Vorkommen v.a. als Naturwerkstein für die Bauaktivitäten Friedrichs des Großen in Potsdam eine gewisse Bedeutung.

Der Kauffunger Kalkstein ist Teil einer paläozoischen sedimentär-vulkanischen Gesteinsserie und besteht zu großen Teilen aus massiven hellen Kalk- und Dolomitmarmoren. Bislang galten v.a. diagenetische Vorgänge und Metamorphisierungsprozesse während der varistischen Orogenese als Ursache für die zahlreich entwickelten Mineralumwandlungen, die im Wesentlichen in Form von unterschiedlich ausgeprägten Silifizierungen und Dolomitisierungen auftreten. Mit dem Nachweis hydrothermalen Dolomitisierungen im Kontaktbereich

zu querschlägigen Permokarbon-zeitlichen Rhyolith-Gängen kann erstmals die Existenz einer postvaristischen, vulkanogenen Dolomitisierung im Kauffunger Kalkstein belegt werden.

Der vorliegende Beitrag ist Teil karbonatisch-petrographischer Untersuchungen des Kauffunger Kalksteins (Skowronek, 2001).

Geologischer Rahmen

Der Kauffunger Kalkstein ist Teil des metamorph überprägten, paläozoischen Basements des Bober-Katzbach-Gebirges. Das zu den W-Sudeten zählende Bober-Katzbach-Gebirge liegt am NW-Rand der Böhmisches Masse. Es wird im NE durch den Sudeten-Randbruch und zum Riesengebirge im S durch die Innersudetische Hauptverwerfung begrenzt. Nach NW tauchen die paläozoischen Gesteine des Bober-Katzbach-Gebirges unter vorwiegend mesozoische Deckgebirgseinheiten ab und gehen anschließend in das Lausitzer Schiefergebirge über (Abb.1).

Die Gliederung des Bober-Katzbach-Gebirges in mehrere tektonische Einheiten basiert auf seinem charakteristischen deckenartigen Baustil (Schwarzbach, 1939; Jerzmański, 1965; Teisseyre, 1967; Baranowski et al., 1990). Die Einheiten repräsentieren Scherkörper und Deckenfragmente, die von altpaläozoischen bis unterkarbonischen Ablagerungen gebildet werden. Im Allgemeinen wird der gesamte paläozoische Deckenstapel als polygenetische Melange bzw. als komplexe Ansammlung varistischer Akkretionskeile angesehen (z.B. Baranowski et al., 1990). Die Hauptdeckenbewegungen finden im Frühvarisikum statt, wobei die Einheiten von N nach S überschoben werden. In dieser Zeit werden die Ablagerungen grün- bis blauschieferfaziell überprägt. Als postvaristische Erscheinung tritt im Bober-Katzbach-Gebirge mit weiter Verbreitung ein Permokarbon-zeitlicher saurer Vulkanismus auf. Letztlich wird das gesamte Grundgebirge während der alpidischen Orogenese (Iaramische Phase) durch intensive Kompression herausgehoben und freigelegt (u.a. Kozdrój & Skowronek, 1999).

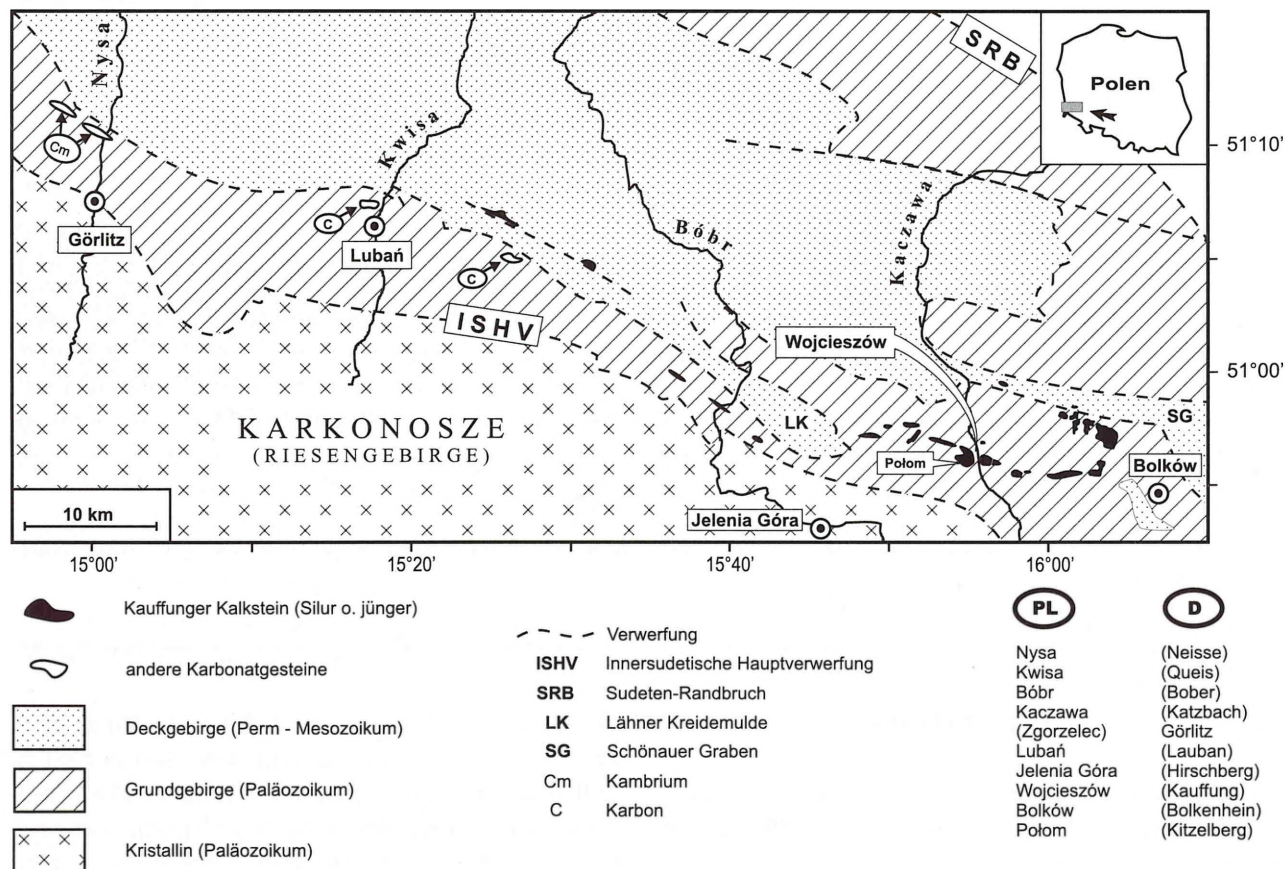


Abb. 1: - Vereinfachte Geologische Karte des Boberkatzbachgebirges und des Riesengebirges (Die Vorkommen des Kauffunger Kalksteins sind markiert; verändert nach Dahlgrün, 1934).

Fig. 1: - Schematic geological map of the Bober-Katzbach Mountains and the Riesengebirge (The deposits of the Kauffunger Limestone are marked; modified after Dahlgrün, 1934).

Innerhalb des paläozoischen Grundgebirges bildet der Kauffunger Kalkstein eine herzynisch streichende Kette isolierter Vorkommen und repräsentiert in der Umgebung von Kauffung (Wojcieszów) die S-Flanke des sog. Kauffunger Sattels (Dahlgrün, 1934). Ein Großteil der Gesteinsserie besteht aus Karbonaten, die überwiegend flachmarinen aber auch tieferen Ablagerungsbereichen zugeordnet werden (Lorenc, 1983). Neben feingeschichteten, dolomit- und quarzreichen sog. Zebra-Kalken sind massige, grobkristalline Kalksteine (Kaufunger Marmor) am häufigsten vertreten. Letztere sind als Werkstein und Rohstoff für die Baukalkherstellung von wirtschaftlicher Bedeutung.

Das Alter des Kauffunger Kalksteins galt aufgrund einer lediglich lithologischen Korrelation (Dahlgrün, 1934) und trotz unzureichender biostratigraphischer Datierung lange Zeit als kambrisch (Dahlgrün, 1934; Gunia, 1967). Erst Conodontenuntersuchungen im Liegenden des vermeintlich kambrischen Kauffunger Kalksteins (Altenberger Schiefer) weisen auf ein maximal ordovizisches Alter hin (Urbanek & Baranowski, 1986) und lassen an der bisherigen stratigraphischen Einstufung zweifeln. Jüngste Mikrofossilfunde aus dem Kauffunger Kalkstein sprechen für ein max. silurisches Alter (Skowronek & Steffahn, 2000).

Im Laufe der komplexen Entwicklungsgeschichte des Bober-Katzbach-Gebirges war der Kauffunger Kalkstein zahlreichen gesteinsverändernden Prozessen mit Änderung der Mineralzusammensetzung ausgesetzt, die im Wesentlichen in Form von Silifizierungen und Dolomitierungen in Erscheinung treten und bislang vornehmlich im Zusammenhang mit diagenetischen Vorgängen und Metamorphose während der varistischen Orogenese (Sudetische Phase; u.a. Chorowska, 1978) gesehen wurden.

Die Dolomitisierungserscheinungen treten im Kauffunger Marmor in verschiedenen Formen auf. Zu den diagenetischen, bzw. regionalmetamorphen Dolomit-Typen gehören neben Dolomitlagen in den bereits erwähnten Zebra-Kalken auch großräumig entwickelte, schichtübergreifende Ersatz-Dolomitierungen (Matrixdolomite), deren höhergradig metamorph überprägte Variante als Dolomitmarmor bezeichnet werden kann. Der Matrixdolomit ist in der Regel durch ein dichtes, idio- bis hypidiotopisches Gefüge gekennzeichnet, kann in einigen Fällen aber auch eine xenotopische Textur aufweisen, die mit großer Wahrscheinlichkeit durch metamorphe Rekrystallisation hervorgerufen wurde.

Wie neuere Untersuchungen belegen, existiert neben den diagenetischen, bzw. regionalmetamorphen Dolomiten ein weiterer Dolomit-Typ, der ausschließlich in Kontakthöfen querschlägiger Rhyolith-Gänge entwickelt ist. Diese Form der Dolomitisierung wurde im

Kauffunger Kalkstein bislang nicht beschrieben und wird erstmalig an einem Beispiel aus dem Tagebau Połom bei Wojcieszów (Kaufung) vorgestellt.

PETROGRAPHIE

Innerhalb des Kauffunger Kalksteins ist das Auftreten dolomitierter Kontakthöfe stets an vulkanische rhyolithische Gänge gebunden. Die nicht selten verzweigten Gänge sind gut am rötlichen, häufig splittrig verwitternden und meist kaum verfestigten Gangmaterial erkennbar. Die Dolomitierungen sind meist in Form von bis zu mehrere m³ großen, irregulär geformten sowie scharf begrenzten Körpern entwickelt und fallen in erster Linie durch die gelbe bis graugelbe Gesteinsfärbung auf (Abb.2). Nur in Einzelfällen sind ein- oder beidseitig entwickelte, mehrere dm breite dolomitisierte Kontakthöfe entlang vulkanischer Gänge aufgeschlossen (Abb.3).

Das charakteristische "grobzuckerkörnige" Erscheinungsbild der Kontakt-Dolomite wird durch spätige, mittel- bis grobkörnige Kristalle (im Sinne von Folk, 1959) hervorgerufen. Die Verwitterungsresistenz des Dolomits ist relativ gering, so dass das Gestein allein durch physikalische Verwitterung nach wenigen Jahren zu einem scharfkantigen, sandigen Dolomitgrus zerfällt.

Innerhalb der Kontakthöfe können makroskopisch massige, brekziöse und untergeordnet pseudoporphyrische Dolomit-Texturen unterschieden werden.

Am weitaus häufigsten tritt ein **massiger Dolomit** in Erscheinung. Im Kontakt zum kalzitischen Nebengestein treten häufig wenige cm dicke Bänder aus dunkelbraunem, Fe-reichem Kalzit bzw. Ankerit auf.

Selten ist innerhalb der dolomitierten Bereiche eine Feinbänderung entwickelt, die durch aufeinander folgende dolomitische "Kristallrasen" gekennzeichnet ist (Abb 4).

Ein typisches Merkmal des massigen Dolomit-Typs sind irreguläre, mm- bis cm-große Hohlräume, die unregelmäßig im Gestein verteilt sind oder subparallel zu den Begrenzungsflächen der Dolomitkörper angeordnet auftreten. In einigen Fällen sind die Hohlräume teilweise oder vollständig durch Kalzitement verheilt, wobei die Hohlraumfüllungen oftmals einen konzentrischen Zonarbau aufweisen, der offenbar durch Ausscheidungen dunkelbrauner Fe-Oxide hervorgerufen wird (Abb.5).

Darüber hinaus tritt in relativ eng begrenzten Bereichen von nur wenigen dm² ein **brekziöser Dolomit-Typ** auf. Die scharfkantigen bis kantengerundeten Dolomit-Klasten befinden sich bei diesem Lithotyp in einer meist Fe-reichen dolomitischen, bzw. dolomitisch-

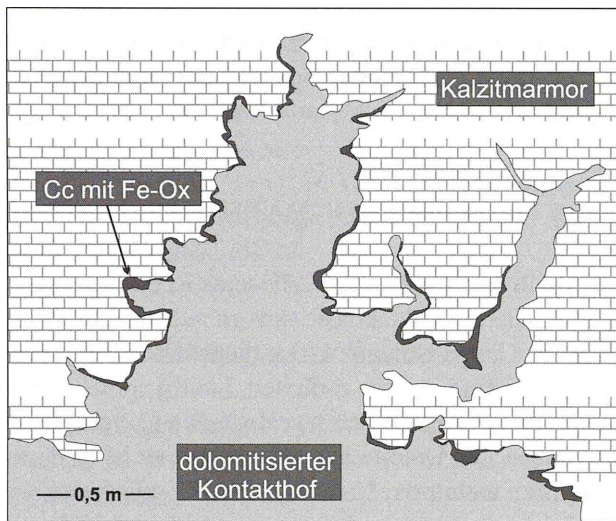


Abb. 2: - Zum Nebengestein (Kalkzitmarmor) hin scharf begrenzter Dolomitmörper typisch irregulärer Form. Sein Auftreten ist an vulkanische rhyolithische Gänge gebunden (Tagebau Połom).

Fig. 2: - To the neighbouring wall (calcite marble) sharply bounded dolomite body with typically irregular shape. Its occurrence is related to volcanic rhyolitic dikes (Połom quarry).

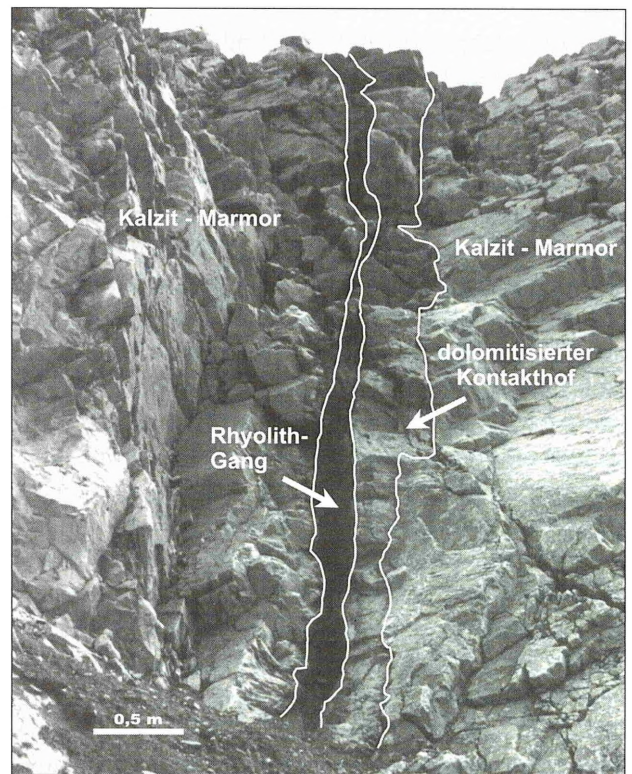


Abb. 3: - Rhyolithischer Gang im Kalkzit-Marmor des Kauffunger Kalksteins mit einseitig entwickeltem dolomitisierendem Kontakthof (Tagebau Połom).

Fig. 3: - Rhyolitic dike within calcite marble of the Kauffunger Limestone with one-sided developed dolomitized contact area (Połom quarry).

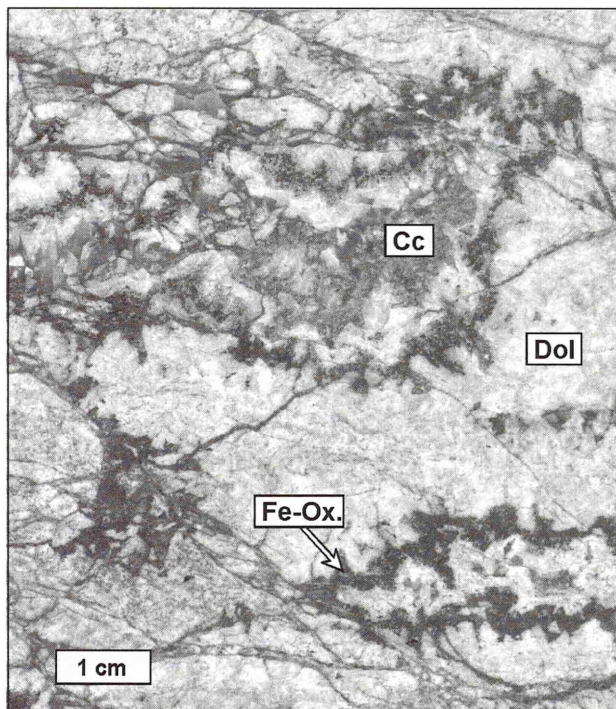


Abb. 4: - Massiger Dolomit mit vollständig ausgefüllten Schrupfkavernen. Die ehemaligen Hohlräume sind konzentrisch mit Fe-führendem Kalzit-, Satteldolomit- und kalzitischem Block-Zement verfüllt (Steinbruch Połom).

Fig. 4: - Massive dolomite with completely filled shrinkage cavern. Former cavities filled concentrically with Fe-bearing calcite, saddle dolomite and blocky calcite cement (Połom quarry).

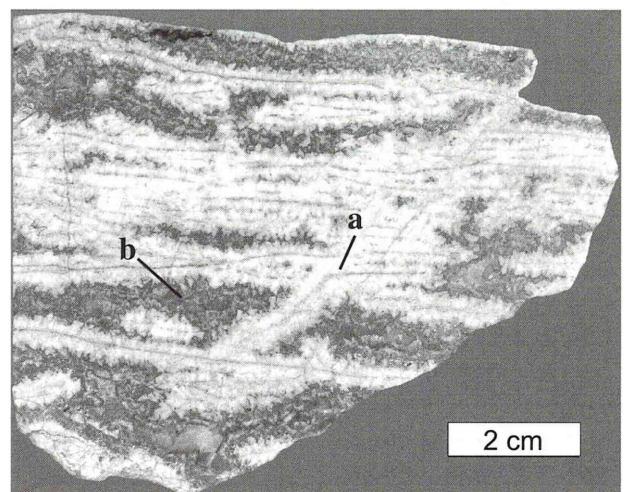


Abb. 5: - „Zellen-Dolomit“ mit symmetrisch gewachsenen Satteldolomit-Zement-Septen (a) und konzentrischen dolomit-, Fe-Kalzit- und Kalzit-Zementationen (b). (Steinbruch Połom; Erläuterung siehe Text).

Fig. 5: - „Cellular colomite“ with symmetrically grown saddle dolomite cement septa (a) and concentrically dolomite, Fe-calcite and calcite cementations (b). (Połom quarry; explanation see text).

kalzitischen Grundmasse und bilden so eine Internbrekzie mit gutem bis mäßigem "fitting" (Abb.6).

Eine Besonderheit unter den Dolomit-Typen ist der **pseudoporphyrische Gefügetyp**. Er besteht überwiegend aus mm-großen Dolomit-Komponenten, die in einer kalzitisch-ankeritischen Grundmasse "schwimmen" (Abb.7). Daneben kommen bis zu 1 cm große Bruchstücke des o.g. massigen Dolomit-Typs vor. Bei näherer Betrachtung ist erkennbar, dass die Dolomit-Komponenten in Form von Kristallaggregaten radialstrahlig in die karbonatische Matrix gesprosst sind. Das pseudoporphyrische Gefüge wird als Folge sekundärer Umwandlung einer Hohlraumfüllung angesehen, wobei die Sprossung der matrixgestützten Dolomitaggregate erst im Anschluss an die kalzitisch-ankeritische Zementierung erfolgt sein dürfte.

Mikrogefügemerkmale

Über das makroskopische Erscheinungsbild hinaus können mikroskopisch vielfältige Merkmale in den genannten Dolomit-Typen auftreten. Der Dolomit besteht in der Regel aus groben bis sehr groben Kristallen (sensu Folk, 1959), die eine max. Größe von 7 mm (Satteldolomit-Zement) erreichen und durch gebogene intrakristalline Mikropalten sowie extrem undulöse (sog. scheibenwischerartige) Auslöschung charakterisiert sind. Die Kristallbegrenzungsflächen sind in vielen Fällen treppenartig versetzt. Radke & Mathis (1980) bezeichnen solche Dolomitkristalle als Satteldolomite

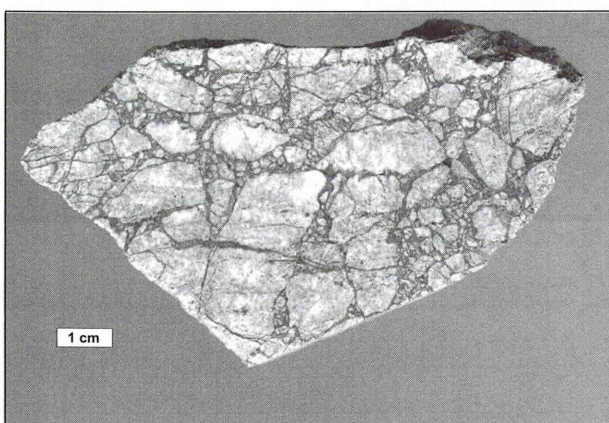


Abb. 6: - Brekziöser Dolomit-Typ mit kantigen Dolomitklüften in dolomitisch-kalzitischer Grundmasse bildet Internbrekzie mit gutem bis mäßigem „fitting“ (Steinbruch Połom; Erläuterung siehe Text).

Fig. 6: - Brecciated dolomite type with angular dolomite clasts forms autoclastic breccia with good to moderate fitting (Połom quarry, explanation see text).

(auch "late ferroan dolomite": Choquette, 1971; "white sparry dolomite": Beales, 1971; "saddle-shaped dolomite": Dunsmore, 1973; "baroque dolomite": Folk, 1977 und Friedman & Radke, 1979; "hydrothermal dolomite": Goldberg & Bogoch, 1978; "gangue dolomite": Ebers & Kopp, 1979).

Ein weiteres Merkmal des Dolomits sind opake Einschlüsse Fe-haltiger Mineralphasen. Sie sind als feinkörnige, intrakristalline, fleckenartige Aggregate, Anwachssäume an euhedralen Satteldolomit-Kristallen oder Mikropaltenfüllungen entwickelt.

Die Satteldolomite des Kauffunger Kalksteins können als pervasiver Ersatzsatteldolomit die Hauptmasse der hier beschriebenen Dolomit-Typen bilden oder als Satteldolomit-Zement in teilweise oder vollständig ausgefüllten Hohlräumen auftreten.

Typische Merkmale des Ersatzsatteldolomits sind ein sub- bis anhedraler Gefüge, eine überwiegend equigranulare Kornverteilung und gebogene Kristalle. Der charakteristische treppenartige Versatz der Kristallflächen wird oft durch braune Ausscheidungen von Fe-Mineralen im interkristallinen Porenraum hervor-

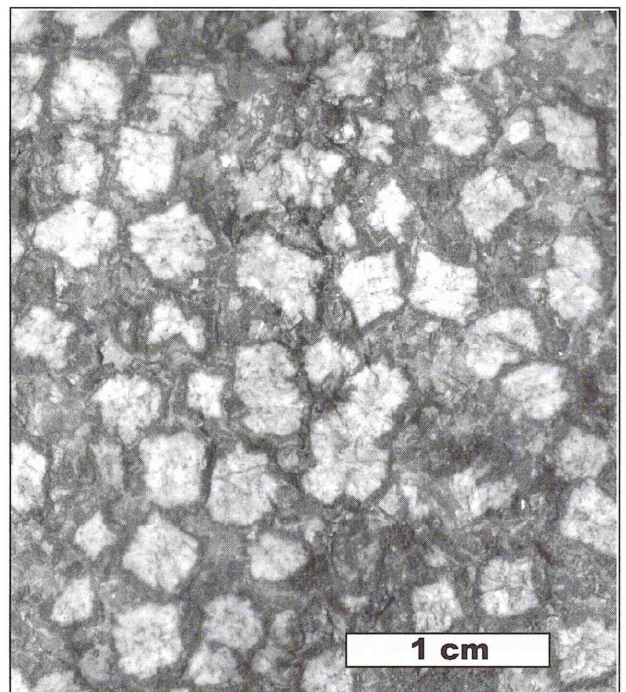


Abb. 7: - Dolomit mit pseudoporphyrischem Gefüge. Gesprossene, radialstrahlige Aggregate aus Satteldolomitcementen befinden sich in kalzitischer, Fe-Ox-reicher Grundmasse (Steinbruch Połom; Erläuterung siehe Text).

Fig. 7: - Dolomite with pseudoporphyric fabric. Sprout, radial columnar aggregate of saddle dolomite cement are surrounded by calcite, Fe-Ox rich matrix (Połom quarry, explanation see text).

gehoben. Mitunter sind innerhalb des Eratzsatteldolomits nur wenige mm große Farn-förmige dolomitische Einzelkristalle erkennbar (Abb.8), die unregelmäßig auftreten und vermutlich vollständig ausgefüllte Hohlräume repräsentieren (s.u.).

Die lokal auch makroskopisch erkennbare Bänderung erweist sich im Dünnschliff als Wechsel zwischen fein- bis mittelkörnigen und grobkörnigen Kristalllagen. Die feinkristallinen bis zu 500 µm dicken Lagen bestehen aus annähernd isometrischen Dolomitkristallen, die erhebliche Anteile an Fe-Verbindungen aufweisen. Die grobkristallinen wenige mm-dicken Lagen werden dagegen von senkrecht zur Bänderung angeordneten Satteldolomit-Kristallrasen gebildet.

Satteldolomit-Zement findet sich ausschließlich in Hohlräumen, die als Kavernen, Spalten oder Klüfte entwickelt sind (Abb.9). Er kann als grober bis sehr grober Blockzement vollständig hohlraumfüllend oder als frei aufgewachsener Palisadenzement auf Hohlraumränder beschränkt auftreten. Der in einigen Fällen verbleibende Resthohlraum ist oftmals mit kalzitischem Blockzement ausgefüllt.

Der Satteldolomit-Zement besteht aus bis zu einigen mm großen, vorwiegend euhedralen Kristallen mit gekrümmten Oberflächen, die zudem durch stark unidirektionale Auslöschung gekennzeichnet sind. Die Hohlraumfüllungen lassen mitunter einen konzentrischen Aufbau erkennen, der durch die Braunfärbung Fe-haltiger

Karbonate unterstrichen wird.

Wie beim Eratzsatteldolomit zeigen auch die gekrümmten Kristallflächen des Satteldolomit-Zements den typischen treppenartig abgestuften Versatz. Zudem ist eine Abnahme des Krümmungsgrades der äußeren Kristallflächen von älteren Zementgenerationen (Drusenrand) zu jüngeren Zementgenerationen (Drusenzentrum) feststellbar (s. Abb.10).

Kathodolumineszenz

Das Lumineszenzverhalten von Karbonaten hängt in erster Linie von den akzessorischen Beimengungen ab. So wirkt Mn^{2+} Lumineszenz-fördernd, Fe^{2+} dagegen Lumineszenz-unterdrückend (Reinhold, 1996).

Die Satteldolomit-Zemente des Kauffunger Kalksteins sind durch intensive rote und gelbe Lumineszenz charakterisiert. In vielen Fällen lässt sich eine Zonierung der Kristalle feststellen, die durch Bänder unterschiedlicher KL-Intensität hervorgehoben wird. Die Eisenoxid-führenden Bänder sind dabei durch sehr schwache Lumineszenz gekennzeichnet (Abb.10). In Teilbereichen weisen die Satteldolomit-Zemente einen intensiv gelb lumineszierenden Kern auf, der von einer rot leuchtenden Außenzone umschlossen wird.

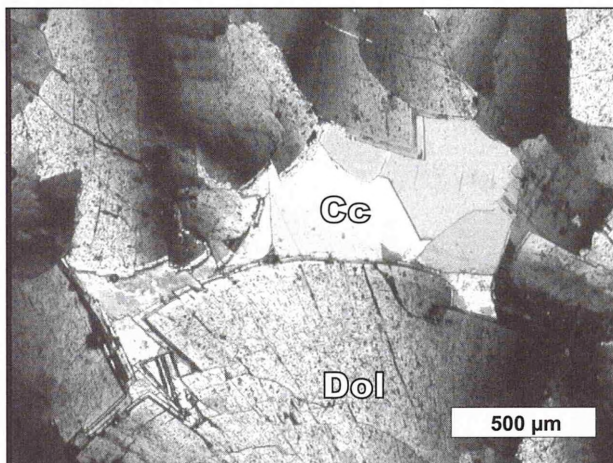


Abb. 8: - Dünnschliff-Aufnahme einer verfüllten Schrumpfkaverne. Die äußeren Zemente bestehen aus grobkristallinem Satteldolomit mit gebogenen, treppenartig versetzten Kristallflächen. Das Drusenzentrum ist durch kalzitischen Blockzement verheilt. Nicols X.

Fig. 8: - Thin section photograph of a filled shrinkage cavern. The outside cements consists of coarse-crystalline saddle dolomite with curved, stair-like shifted crystal faces. The centre of the druse is healed by calcite blocky cement. Cross-polarized light.

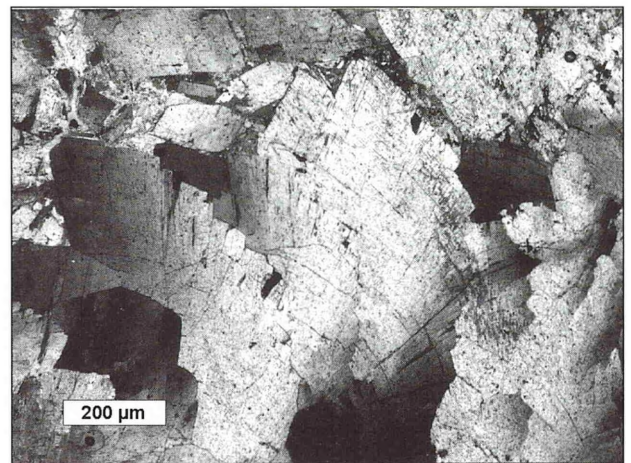


Abb. 9: - Vollständig mit sehr grobkristallinem, Farn-förmigem Satteldolomit-Zement ausgefüllter früherer Hohlraum. Nicols X.

Fig. 9: - Former cavity, filled with very coarse crystalline, fern shaped saddle dolomite cement. Cross-polarized light.

Der Ersatzsatteldolomit ist in der Regel einheitlich rot lumineszierend. Der in vielen Kavernen vorkommende kalzitische Blockzement weist dagegen keine Lumineszenz auf (Abb.11).

Auch die im Kalzit-Marmor weit verbreiteten dolomitischen Einschlüsse in Form von mm-großen Adern, Mikrokluftfen oder Nestern weisen das gleiche Lumineszenzverhalten wie der innerhalb der Kontakthöfe entwickelte Dolomit auf (s. Abb.11).

Die kalzitische Hauptmasse des Kauffunger Marmors ist nicht bzw. nur im interkristallinen Porenraum sehr schwach lumineszierend.

Die bereits unter dem Polarisationsmikroskop erkennbaren Dolomiteinschlüsse zeigen beim Einsatz der heißen Kathode in der Regel orangerot leuchtende, scharf

begrenzte Kerne, die von einer intensiv gelben, nach außen hin diffus abgegrenzten Aureole begleitet werden. Im Bereich dieser Aureole setzt ein gleichfarbig leuchtendes "Geflecht" von interkristallinen Mikrozeimenten ein, das mit wechselnder Intensität den Rest der kalzitischen Hauptmasse charakterisiert.

Geochemie

Die chemische Zusammensetzung der Dolomitekristalle variiert nach Mikrosonden-Untersuchungen zwischen 44,13 und 45,91 Mol% $MgCO_3$ sowie 53,36 und 54,79 Mol% $CaCO_3$ (bei $FeCO_3$ -Gehalten von 0,25 bis 0,74 Mol%).

Abb. 10: - KL einer vollständig ausgefüllten Druse (Drusenrand rechts, Drusenzentrum links). Der Satteldolomit-Zement am Drusenrand luminesziert mit gelben bis roten Farben (hier: weiß bis hellgrau). Der kalzitische Blockzement im Drusenzentrum luminesziert dagegen nicht (schwarz). Beachte den abnehmenden Krümmungsgrad der Kristallflächen in Richtung Drusenzentrum (Pfeile) und den zonaren Kristallaufbau.

Fig. 10: - KL of a completely filled druse (druse edge right, druse centre left). The saddle dolomite cement at the druse edge luminesces with yellow to red colours (here: white to light grey). The calcite blocky cement at the druse centre in comparison not luminesces (black). Note the decreasing croocking of the crystal faces toward druse centre (arrows) and the zonary crystal structure.

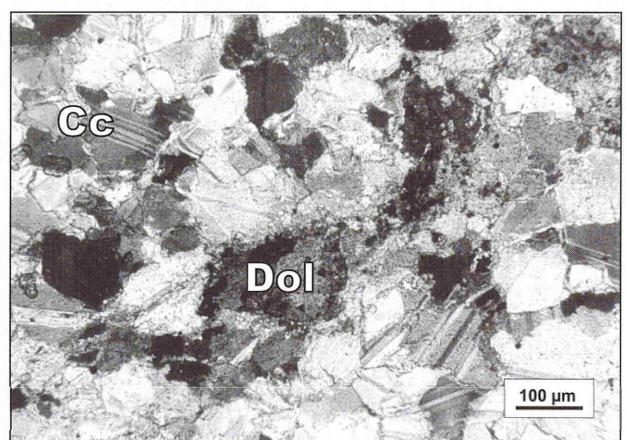
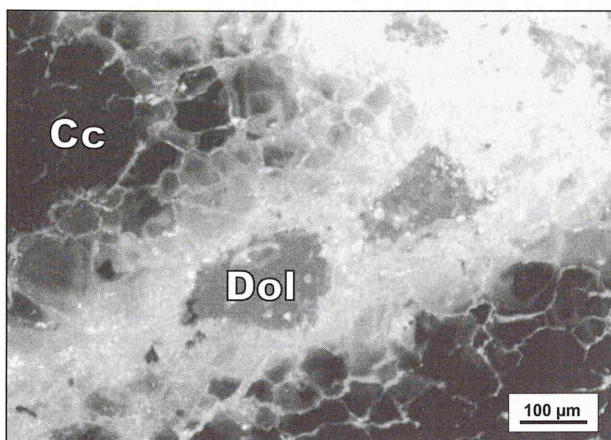
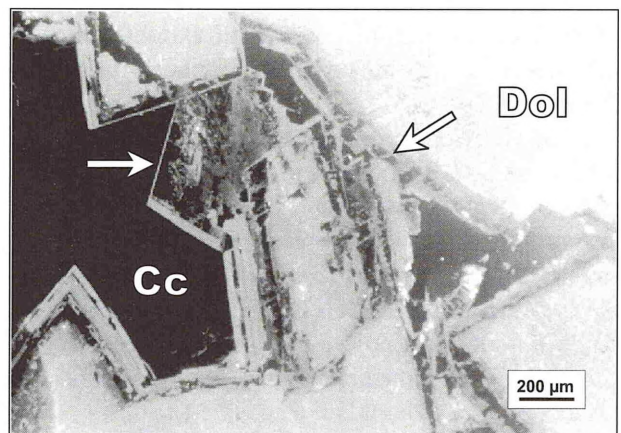
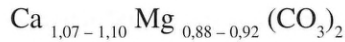


Abb. 11: - KL dolomitischer Einschlüsse im Kalzit-Marmor. Die Einschlüsse sind durch hellrote, die feinverteilterten Dolomit- und Kalzitkristalle sowie Adern und Mikrokluftfen durch gelbe Lumineszenz gekennzeichnet. Rechts gleiche Aufnahme ohne KL. Nicols X.

Fig. 11: - KL of dolomitic inclusions in calcite marble. Inclusions are characterized by light red, the finely divided dolomite and calcite crystals as well as veins and micro joints by yellow luminescence. On the right same photograph without KL. Cross-polarized light.

Dementsprechend lautet die Strukturformel des innerhalb der Kontakthöfe auftretenden Dolomits:



Die Ermittlung der stabilen Sauerstoffisotope ($\delta^{18}\text{O}$) in Karbonaten gibt Hinweis auf ihre Bildungs- bzw. Rekristallisationstemperatur, wobei sich aus hohen Umgebungstemperaturen vergleichsweise geringe $\delta^{18}\text{O}$ -Werte ergeben (Allan & Wiggins, 1993).

Der Dolomit in den Kontakthöfen weist relativ niedrige $\delta^{18}\text{O}$ -Werte von -8,3 bis -15,78 ‰ (PDB) auf und gehört damit insgesamt, nach der Klassifikation von Allan & Wiggins (1993), zu den sog. hochtemperierten Dolomiten, die durch $\delta^{18}\text{O}$ -Werte von -6,5 bis -16 ‰ (PDB) charakterisiert sind.

Ein Beispiel aus dem Übergang dolomitischer Kontakthof/Kalzit-Marmor zeigt die Fraktionierung von $\delta^{18}\text{O}$ in den verschiedenen karbonatischen Mineralphasen (Abb.12).

Der Ersatzsatteldolomit weist mit -12,92 bis -12,78 ‰ die niedrigsten gemessenen $\delta^{18}\text{O}$ -Werte auf (Abb.12: a bis c). Zudem ist mit zunehmender Entfernung vom rhyolithischen Gang ein mehr oder weniger kontinuierlicher Anstieg der Isotopenwerte im Ersatzsatteldolomit erkennbar.

Der am Drusenrand oder als Drusenfüllung entwickelte Satteldolomit ist durch einen $\delta^{18}\text{O}$ -Wert von -11,84 ‰ gekennzeichnet (Abb.12: d), was auf eine im Vergleich zum Ersatzsatteldolomit geringere Bildungstemperatur hindeutet.

Als Produkt der regionalmetamorphen Überprägung ist der Kalzit-Marmor durch einen $\delta^{18}\text{O}$ -Wert von -10,18 ‰ charakterisiert. Der kalzitische Drusenzement ($\delta^{18}\text{O}$: -6,84 ‰) und das Fe-reiche Kalzitband ($\delta^{18}\text{O}$: -7,41 ‰) besitzen die höchsten gemessenen $\delta^{18}\text{O}$ -Gehalte und lassen demnach auf die Einwirkung von relativ „normaltemperierten“ meteorischen Lösungen schließen.

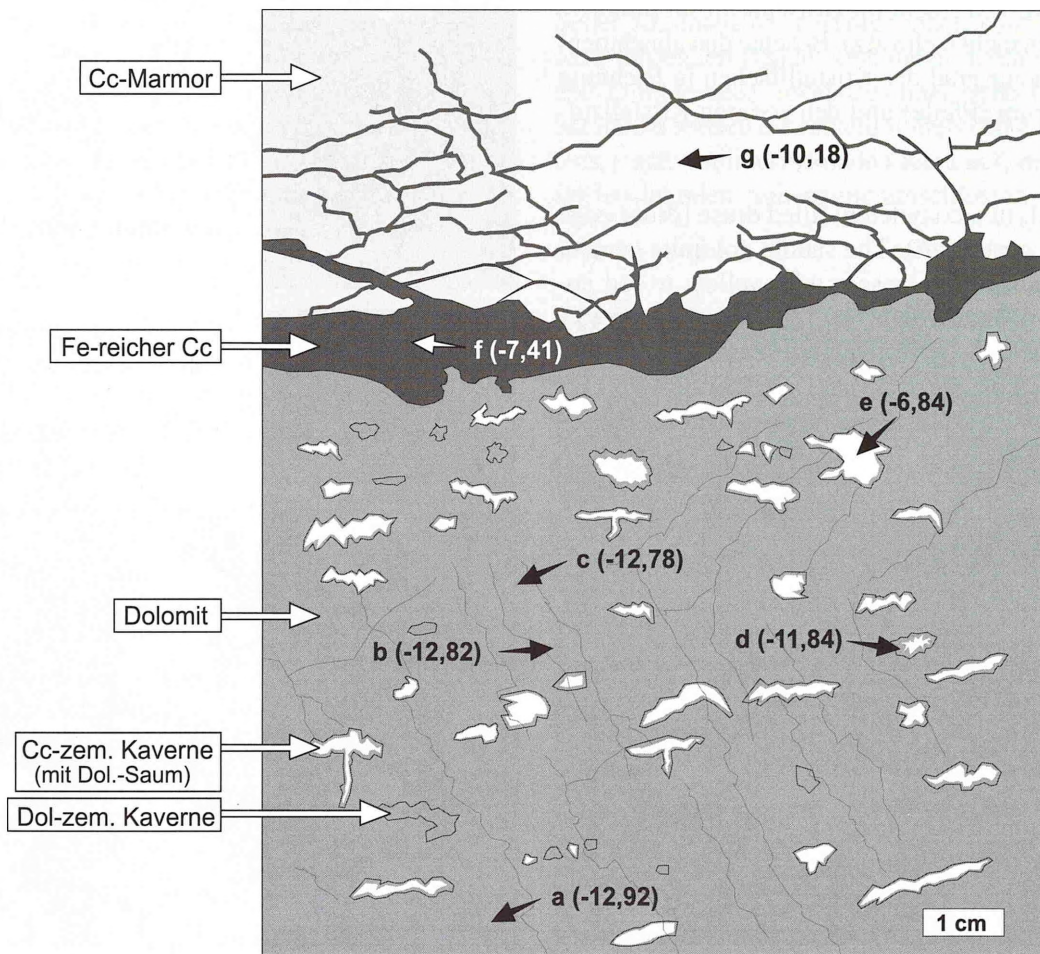


Abb. 12: - Schematisierte Darstellung eines Handstücks aus dem Kontakt dolomitierter Kontakthof/Kalzit-Marmor mit Probenentnahmepunkten der Isotopenanalyse.

Fig. 12: - Schematic sketch of a specimen of the contact dolomitized contact/calcite marble with points of sampling for isotopic analysis.

GENETISCHE DEUTUNG

Das kavernöse Gefüge des beschriebenen Dolomit-Typs wird als Folge der Umwandlung von Kalzit zu Dolomit (6 bis 13% Volumenreduktion, Morrow, 1990) bzw. von Lösung nicht dolomitisierter kalzitischer Gesteinsbestandteile interpretiert. Umwandlung und Lösung führen letztlich zur Bildung von Hohlräumen. Die Erhaltung des löchrigen Gefüges spricht für eine vergleichsweise junge, postvaristische (postkinematische) Dolomitisierung.

Das Auftreten des Dolomits in Kontakthöfen rhyolithischer Gänge weist auf eine enge petrogenetische Beziehung zum Permokarbon-zeitlichen Vulkanismus hin. Die im Rahmen der vulkanischen Aktivität zu erwartenden rel. hohen (hydrothermalen) Umgebungstemperaturen werden v.a. durch die Existenz der Satteldolomit-Kristalle (Bildungstemperaturen oberhalb 60 - 150°C: Radke & Mathis, 1980) und nicht zuletzt durch die $\delta^{18}\text{O}$ -Gehalte (s.o.) belegt.

Aus der ermittelten $\delta^{18}\text{O}$ -Fraktionierung lassen sich für vulkanische Injektionen typische Begleiterscheinungen ableiten. So werden die mit zunehmender Entfernung vom rhyolithischen Gang ansteigenden $\delta^{18}\text{O}$ -Werte innerhalb des Ersatzsatteldolomits als Folge der progressiven Abnahme der Umgebungstemperatur gegen den vulkanischen Gang hin interpretiert. Die deutlich erkennbare Bildungsreihe Ersatzsatteldolomit – Satteldolomit-Zement – kalzitische Drusenfüllung wird dagegen genauso als Hinweis auf eine allmähliche Abkühlung angesehen, wie die Abnahme des Krümmungsgrades der Satteldolomit-Kristalle vom äußeren Drusenbereich in Richtung Drusenzentrum.

Hinsichtlich des sauren Chemismus des rhyolithischen Magmas, ist die Mg-Quelle allerdings in anderen benachbarten Gesteinsformationen zu vermuten. Es wird angenommen, dass die Mg-reiche fluide Phase aus den Magmatiten der Grünstein-Serie, prävaristischen Dolomit-Typen des Kauffunger Kalksteins oder Metapeliten des Altenberger Schiefers stammt und durch die vulkanischen Injektionen mobilisiert wurde.

Die unregelmässige aber dennoch scharfe Abgrenzung der dolomitischen Kontakthöfe zum Nebengestein läßt auf eine metasomatische Zufuhr der Mg-haltigen Lösungen schließen. In diesem Zusammenhang kann die subparallel zu den Begrenzungsflächen der Dolomitkörper entwickelte Bänderung (lagiges Kristallwachstum) als Effekt einer sich frontartig ausbreitenden Metasomatose (metasomatische Front) interpretiert werden.

DANKSAGUNG

Die Autoren danken Herrn Prof. Dr. D. Michalzik und Herrn Dr. F. Mauthe für die kritische Durchsicht des Manuskripts und die vielen wertvollen Hinweise. Die Arbeit wurde von der Firma Rheinische Kalksteinwerke GmbH (heute: Rheinkalk GmbH & Co. KG) finanziell unterstützt.

LITERATUR

- Baranowski, Z., Haydukiewicz, A., Kryza, R., Lorenc, S., Muszyński, A., Solecki, A. und Urbanek, Z.** (1990) Outline of the geology of the Gory Kaczawskie (Sudets, Poland). *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, **179** (2/3), 223 – 257.
- Beales, F.W.** (1971) Cementation by white sparry dolomite. In: **O.P. Bricker** (Hrsg.), *Carbonate Cements*, The Johns Hopkins Univ. Press, 330 – 338, Baltimore.
- Choquette, P.W.** (1971) Late ferroan dolomite cement, Mississippian carbonates, Illinois Basin, U.S.A. In: **O.P. Bricker** (Hrsg.), *Carbonate Cements*, The Johns Hopkins Univ. Press, 339 – 346, Baltimore.
- Chorowska, M.** (1978) Wizeńskie wapienie w epimetamorficznym kompleksie Gór Kaczawskich (Sudety). *Ann. Soc. Geol. Pol.*, **48**, 245 – 261.
- Dahlgrün, F.** (1934) Zur Altersdeutung des Vordevons im westsudetischen Schiefergebirge. *Z. Deutsch. Geol. Ges.*, **86**, 385 – 393.
- Dunsmore, H.E.** (1973) Diagenetic processes of lead-zinc emplacement in carbonates. *Trans. Inst. Min. Metallurgy (B)*, **82**, B168 – B173.
- Ebers, M.L. und Kopp, O.C.** (1979) Cathodoluminescent microstratigraphy in gangue dolomite, the Mascot-Jefferson City district, Tennessee. *Econ. Geology*, **74**, 908 – 918.
- Folk, R.L.** (1959) Practical petrographic classification of limestones. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, **43**, 1 - 38, Tulsa.
- Folk, R.L.** (1977) Peculiar forms of diagenetic carbonate from hypersaline and cave deposits, ancient to Recent. *Newsletter West Texas Geological Society*, **November**, 11p.
- Friedmann, G.M. und Radke, B.M.** (1979) Evidence for sabkha overprint and conditions of intermittent emergence in Cambrian-Ordovician carbonates of northeastern North America and Queensland, Australia. *Northeastern Geology*, **56**, 542 – 556.
- Goldberg, M. und Bogoch, R.** (1978) Dolomitisation and hydrothermal mineralisation in the Brur Calcarene (Jurassic), Southern Coastal Plain, Israel. *Israel Jour. Earth Sciences*, **27**, 36 – 41.

- Gregg, J. M. und Sibley, D. F.** (1984) Epigenetic dolomitisation and the origin of xenotopic dolomite texture. *J. Sed. Petrol.*, **54** (3), 908 – 931.
- Gunia, T.** (1967) Cambrotrypa (Tabulata) z metamorfiku Sudetów Zachodnich. *Ann. Soc. Geol. Pol.*, **37**, 417 – 427.
- Jerzmański, J.** (1965) Budowa geologiczna północno-wschodniej części Gór Kaczawskich i ich północnego przedłużenia. *Biul. Inst. Geol.*, **185**, 109 – 193.
- Kozdrój, W. und Skowronek, A.** (1999) Early Paleozoic lithostratigraphy of Góry Kaczawskie (Mts.) metamorphic complex. *Exkurs. f. u. Veröfftl. GGW*, **206**, 88 – 97, Berlin.
- Lorenc, S.** (1983) Petrogeneza wapieni wojcieszowskich. *Geol. Sudetica*, **18** (1), 61 – 122.
- Morrow, D.W.** (1990) Dolomite – Part 1: The chemistry of dolomitisation and dolomite precipitation. In: **I.A. Mc Ilreath** and **D.W. Morrow** (Hrsg.), *Diagenesis*, Geoscience Canada, Repr. Ser., **4**: 113 – 124, Ottawa.
- Radke, B. M. und Mathis, R. L.** (1980) On the formation and occurrence of saddle dolomite. *J. Sed. Petrol.*, **50** (4), 1149 – 1168.
- Reinhold, C.** (1996) *Prozesse, Steuerung und Produkte komplexer Diagenese-Sequenzen in süddeutschen Malm-Karbonaten*. Diss. Tech. Univ. Berlin, 255S.; Berlin [unveröffentl.]
- Schwarzbach, M.** (1939) Die Tektonik des Bober-Katzbach Gebirges. Alte und junge Gebirgsbildung in einem Teilgebiet der Sudeten. *Jahresbericht der Schles. Ges. f. vaterl. Cult., naturwiss.-med. Reihe* **8**, **113**, 4 – 51.
- Skowronek, A. und Steffahn, J.** (2000) The age of the Kauffung Limestone (W Sudetes, Poland) – a revision due to new discovery of microfossils. *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, **2000** (2), 65 – 82, Stuttgart.
- Skowronek, A.** (2001) *Der Kauffunger Kalkstein (Bober-Katzbach Gebirge, Polen) - Petrographie, Fossilinventar, Stratigraphie*. Diss. Universität Hannover, 113S.; Hannover [unveröffentl.]
- Teisseyre, H.** (1967) Najważniejsze zagadnienia geologii podstawowej w Górach Kaczawskich. *Przewodnik 40 Zjazdu Pol. Tow. Geol. Zgorzelec*, 11-30, Warszawa.
- Urbanek, Z. und Baranowski, Z.** (1986) Revision of age of the Radzimiwice slates from Góry Kaczawskie Mts. (Western Sudets, Poland) based of conodonts. *Ann. Soc. Geol. Pol.*, **56**, 399 – 408.