

## ZEMENTATION UND KORROSION IM WETTERSTEINKALK UND IN DEN ARLBERGSCHICHTEN (LADIN/CORDEVOL, WESTLICHE OSTALPEN)

B. Maul, T. Schweizer, S. Zeeh & T. Bechstädt, Freiburg

Die Diageneseabfolge des Wettersteinkalkes und seiner Faziesäquivalente wurde in Teilen des Drauzuges (ZEEH) bzw. der mittleren und westlichen Nördlichen Kalkalpen (MAUL, SCHWEIZER) untersucht. Wettersteinkalk und Arlbergsschichten weisen eine äußerst komplexe diagenetische Entwicklung auf (Abb. 1, vgl. auch MAUL et al., 1988; ZEEH et al., 1988).

### Frühe Zementations- und Korrosionsvorgänge

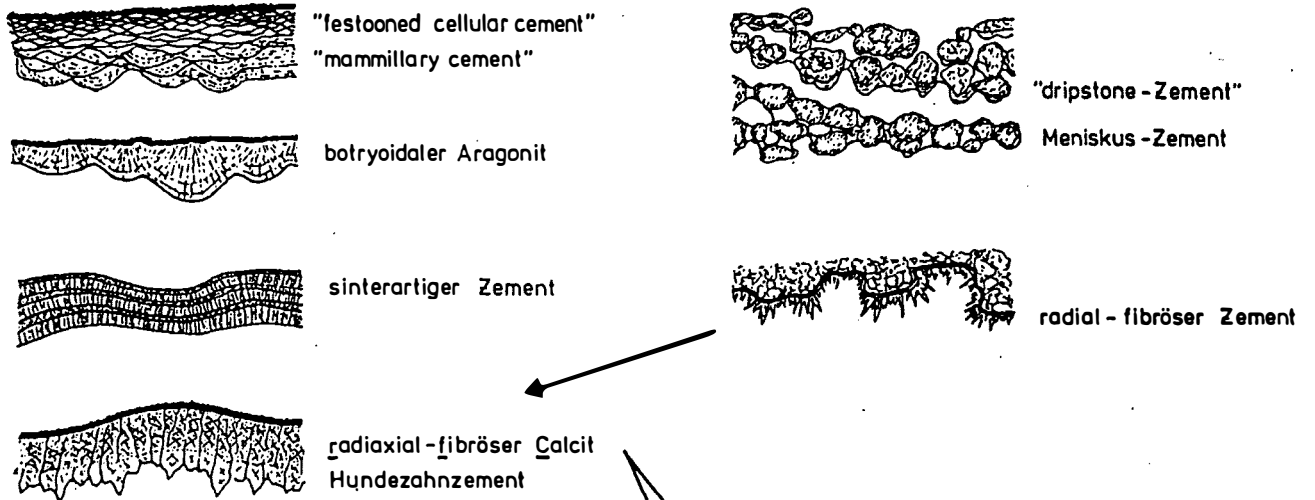
Komponenten werden im subtidalen Bereich von Mikroorganismen häufig angebohrt und erhalten eine Mikritrinde. Im Intertidal und flachen Supratidal bewirkt die wechselnde Durchfeuchtung Porenwasserverhältnisse, in denen sich aus hypersalinen,  $\text{HCO}_3^-$ -übersättigten Wässern charakteristische Zemente (z. B. "festooned cellular cement", "mamillary crusts") abscheiden, aber auch Dolomitisierung auftritt. Frühe Dolomitisierung kann aber bereichsweise auch auf Mischung mariner und meteorischer Wässer ("mixing zone") zurückgeführt werden. Im Supratidal, bzw. in den Zeiten des Trockenfallens weiter Teile der Karbonatplattform, werden die Sedimente durch meteorische Einflüsse überprägt. Sie werden einerseits korrodiert (z. B. Lösung aragonitischer Schalensubstanz), andererseits durch vadose Zemente ("dripstone" und Meniskus-Zemente) zementiert. Besonders deutlich wird das Wechselspiel von Zementation und Korrosion in den weit verbreiteten Caliche-Bildungen. Oft ist an der Unterseite von Komponenten Korrosion, an den Seiten und am Top Zementation zu erkennen. Von der Bodenbildung können auch subtidale Sedimente betroffen sein. Diese werden ebenso wie intertidale Sedimente von Wurzeln angebohrt, mit Pyrit und Mangan-Pigmenten imprägniert, von organischer Substanz verfärbt, später aufgearbeitet und durch meteorische Wässer korrodiert ("black pebble"-Bildung). Die ebenfalls während der meteorischen Überprägung entstandenen Lösungshohlräume werden zum Teil wesentlich später durch Internsediment verfüllt und mit Zementen versiegelt.

### Spätdiagenetische Zementations- und Korrosionsphasen

Frühe, epigenetische Dolomitierungsphasen, deren Ursachen noch nicht geklärt sind, bewirken zum Teil beträchtliche Dolomitisierung des Gesteins und führen zur "Kornvergrößerung" früh entstandener Dolomikrite. Die für die Pb-Zn-Vererzung entscheidenden Diageneseschritte sind hingegen als spätdiagenetisch anzusprechen (vgl. ZEEH & BECHSTÄDT, dieser Band). Nach der Bildung des ersten Satteldolomit (SD) kommt es zu Lösungsphasen, die den SD korrodieren und dedolomitisieren, so daß stellenweise nur noch Leisten oder Umrisse von Dolomit-Rhomboedern zurückbleiben (Abb. 2). Die zu beobachtende Ersetzung durch Fluorit weist auf fluorhaltige, aggressive, hochsalinare Lösungen hin (Flüssigkeitseinschlüsse in Fluoriten mit bis zu 25 Gew.-% äquival. NaCl). Diese lösen und korrodieren auch calcitische Zemente, wie z. B. einzelne Kristallite in "splay crusts" aus "radialfibrösem Calcit" (RFC). Lösungen dringen auch in den Hundezahnzement ein, der zerbrochen und korrodiert werden kann (Abb. 3). Mikrokluft und Lösungshohlräume sind in der Folge mit calcitischem Blockzement I gefüllt.

Der calcitische Blockzement II wird durch wesentlich höher temperierte Lösungsphasen hervorgerufen. Dies wird dokumentiert durch  $\delta\text{O}^{18}$ -Isotopenwerte von -17‰ PDB und Flüssigkeitseinschlüsse mit Homogenisierungstemperaturen ( $T_h$ ) von 200 bis über 250°C; druckkorrigiert bedeutet dies Bildungstemperaturen von bis zu 300°C. Diese heißen Fluide sorgen für weitere gesteinsprengende und korrosive Wirkungen an älteren Zementen, insbesondere dem SDI. Es ist zu beobachten, daß neugeformte, mehr oder weniger große Klüfte bzw. Spalten, die frühere Zemente durchschlagen, mit älteren Hohlräumen in Verbindung stehen (Abb. 4). Besonders deutlich wird die Korrosion im Vererzungsbereich, wo Nebengesteinsbruchstücke und Erze losgerissen wurden und nun in einer "Matrix" aus calcitischem Blockzement II schwimmen.

# Frühdiagenese



# Spätdiagenese

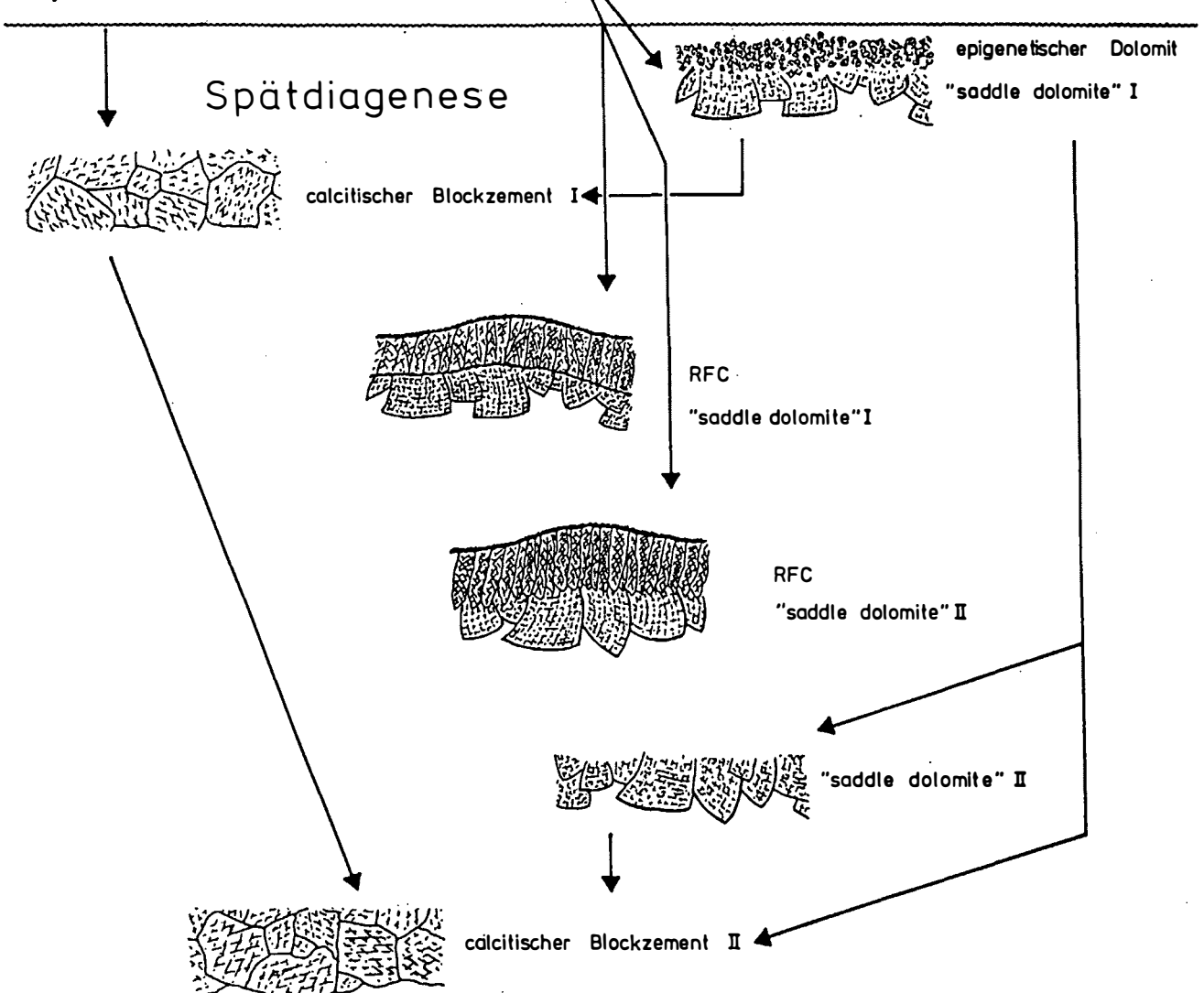


Abb. 1:

Früh- und spätdiagenetische Zemente und typische Abfolge

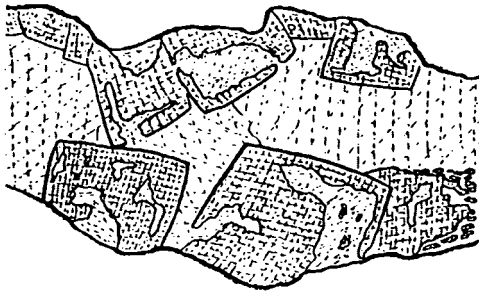


Abb. 2:

Durch calcitischen Blockzement I korrodierter SD I. Korrosion greift bevorzugt an den Spaltenlinien an und führt bis zur Auflösung in kleine "SD-Inseln" (rechts unten). Schematische Zeichnung nach einem Durchlichtbild, Bildbreite 3 mm

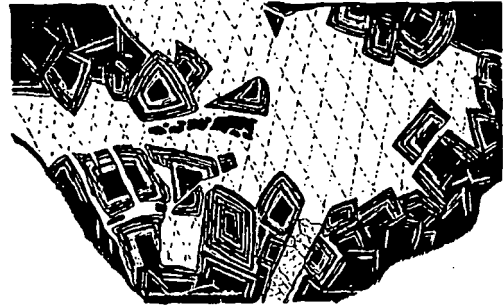


Abb. 4:

Lösungen dringen durch eine Kluft (unten Mitte) in einen Hohlraum ein, korrodieren und sprengen den SD I. Calcitischer Blockzement I - Vorgänger wird völlig assimiliert. Einheitlich luminiszierender, subhedraler calcitischer Blockzement II schließt die Restporosität des Hohlraums. Zeichnung nach einer Kathodenlumineszenz-Aufnahme, Bildbreite 3 mm

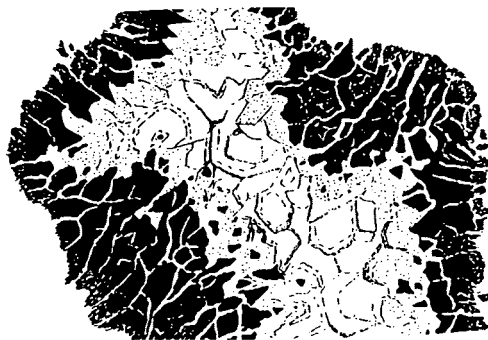


Abb. 3:

Aus ?tektonischer oder thermischer Druckeinwirkung entstandene feine Risse durchziehen den Hundezahnzement (schwarz) und werden von calc. Blockzement (punktiert/weiß) zementiert. Die Kristallspitzen des HZ zeigen Anlösungserscheinungen. Zeichnung nach einer Kathodenlumineszenz-Aufnahme, Bildbreite 3 mm

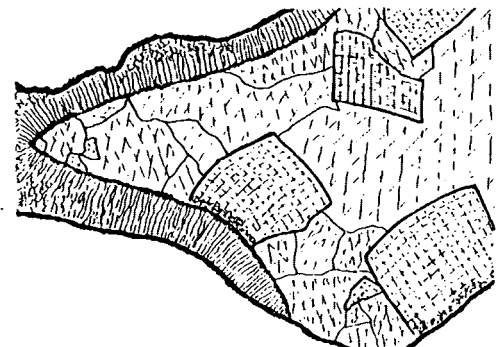


Abb. 5:

Beispiel für unvollständige, asymmetrische Auskleidung eines Hohlraums durch RFC, der an seiner Oberfläche Korrosion und Besatz mit  $FeS_2$  aufweist. Der Resthohlraum ist mit SD I und calcitischem Blockzement I gefüllt. Zeichnung nach einem Durchlichtbild, Bildbreite 3 mm

Die Zementabfolgen sind häufig unvollständig. Die Zementation scheint in den Hohlräumen zumindest teilweise durch den Vorläuferzement bzw. das Sediment gesteuert zu sein. In dolomitischen Sedimenten tritt zumeist eine dolomitische Zementationsabfolge auf (Dolomikrit-epigenetischer Dolomit - Satteldolomit), in calcitischen Sedimenten die Abfolge radial-fibröser Calcit bzw. RFC - Hundezahnzement - calcitischer Blockzement. Dagegen sind aber auch Abfolgen wie z. B. RFC-Satteldolomit II, calcitischer Blockzement I - Satteldolomit II oder Satteldolomit I - calcitischer Blockzement II zu finden (Abb. 1).

Tritt RFC als unmittelbarer Vorläuferzement von Satteldolomit I auf, so sind korrosive Tendenzen zu erkennen, indem die Kristallenden der RFC-Kristalle gekappt

scheinen und eine "glatte" Fläche ausgebildet ist, die zusätzlich mit Pyrit belegt sein kann. Hingegen lassen sich bei der erstaunlicherweise auch relativ häufig auftretenden Abfolge RFC-Satteldolomit II keine Hinweise auf Korrosion der Kristallspitzen finden. Die RFC-Kristalle sind jedoch z.T. sogar dolomitisiert worden.

Die asymmetrische Verteilung einiger Zemente in Hohlräumen (Abb. 5) wirft auch die Frage auf, warum keine "hohlraumkonstante" Präzipitation erfolgte. Ebenfalls unbefriedigend geklärt bleiben die vielfältigen Wechselwirkungen zwischen den  $CaCl-MgCl-NaCl$ - und weitere Ionen beinhaltenden Lösungen und dem Gestein bzw. den Zementen, insbesondere bei den hohen Temperaturen und (nicht sicher zu rekonstruierenden) Drücken.

KRALIK et al. (1987) kommen aufgrund der Illitkristallinität zur Ansicht, daß ein N-S Temperaturgefälle (mit einzelnen Wärmedomen) in den mesozoischen Sedimenten des Oberostalpins vorhanden ist. Im Wettersteinkalk des Drauzuges, der Nördlichen Kalkalpen von Kaiser-Gebirge und Hochstaufen-Gebiet bis zum Reuttener Gebiet, sowie in den Arlbergschichten zeichnen sich aber nach bisherigem Kenntnisstand keine Unterschiede in der Spät-diagenese und den Zementtypen ab. Sowohl in Proben aus dem Reuttener Gebiet, als auch in Proben aus der Vererzung in Lafatsch (Stefanistollen) und dem Drauzug wurden Flüssigkeitseinschlüsse mit  $T_h$ -Werten von mehr als 250°C gemessen. Auffälligerweise ist die Abkühlungsphase durch keinerlei Zemente dokumentiert, sie ist allenfalls durch niedriger temperierte, sekundäre Flüssigkeitseinschlüsse (um 80°–100°C) belegt.

#### Danksagung

Wir danken J. McKenzie und Peter Kindle, ETH Zürich, für die Untersuchung stabiler Isotope, R. Rieken, Univ. Göttingen, für die Untersuchung von Flüssigkeitseinschlüssen, D. K. Richter, RUB Bochum, für mannigfache Unterstützung.

#### Literatur

- KRALIK, M., KRUMM, H. & SCHRAMM, J. M. (1987): Low grade and very low grade metamorphism in the Northern Calcareous Alps and in the Grauwacke Zone: Illite - crystallinity data and isotopic ages. - in: FLÜGEL, H. W. & FAUPL, P. (eds): Geodynamics of the Eastern Alps. - 164–178, Wien (Deuticke).
- MAUL, B., BECHSTÄDT, T., RICHTER, D. K. & ZEEH, S. (1988): Zementstratigraphie im Oberen Wettersteinkalk der Nördlichen Kalkalpen. - Bochumer geol. u. geotechn. Arb., 29, 128–130, Bochum.
- ZEEH, S., BECHSTÄDT, T. & MAUL, B. (1988): Fazies und frühe Diagenese im obersten Wettersteinkalk (Drauzug, Nördliche Kalkalpen). - Bochumer geol. u. geotechn. Arb., 29, 245–247, Bochum.