

an den Hohlraumwänden und nehmen bereits 50-80 % des primären Porenraumes ein. Mikrodolomit-Einschlüsse sprechen für eine ursprüngliche Hoch-Mg-Kalzit (HMC)-Mineralogie dieser Zemente. Trotz frühdiagenetischer Alteration (HMC zu LMC-Umwandlung, Mn-Einbau) haben die RFCs offenbar die ursprüngliche Sauerstoff- und Kohlenstoff-Isotopenzusammensetzung des Meerwassers bewahrt. Ihre  $\delta^{18}\text{O}$ - und  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte zeigen eine sehr geringe Streuung und entsprechen den Isotopenwerten von Brachiopodenschalen aus denselben Mounds. Werte von  $\delta^{18}\text{O} = -2.6 (\pm 0.4) \text{‰ PDB}$  und  $\delta^{13}\text{C} = +2.6 (\pm 0.4) \text{‰ PDB}$  repräsentieren die primäre Zusammensetzung des Meerwassers im Ahnet-Becken zur Zeit des Mitteldevons. Im Gegensatz zu gleichalten Isotopendaten aus Kanada sind die  $\delta^{18}\text{O}$ -Werte ungewöhnlich positiv. Die Ursache dafür ist wahrscheinlich die paläogeographische Lage des Ahnet-Beckens in gemäßigten Breiten (35-40° S) verglichen mit der äquatornahen Paläobreite von Kanada.

Die Zementation im flachen Versenkungsmilieu ist durch eine typische 'non-bright-dull'-Kathodolumineszenz-Sequenz charakterisiert. Die marinen RFCs sind syntaxial von nicht-lumineszierenden, skalenodrischen Zementen (Hundezahn-Zementen) mit hell-lumineszierenden Außenzonen überwachsen. Die skalenodrischen Zemente bestehen aus LMC und zeigen einen neuen Kristallhabitus der für eine Ausfüllung (Renukulation) unter stark verringertem Porenwasser-Durchfluß spricht. Solche Bedingungen resultierten aus der partiellen Verschließung des Porenraumes durch die vorhergehenden RFCs. Die hell-lumineszierenden Außenzonen der skalenodrischen Zemente zeigen den Wechsel zu reduzierenden Redoxbedingungen im Porenwasser an. Schwach Fe-haltige, moderat-lumineszierende Zemente sind das letzte Glied dieser Zementsequenz; sie markieren den Übergang zum gleichkörnigen Kristallhabitus. Der Fe-Einbau ins Kalzitgitter spricht für eine weitere Abnahme des Redoxpotentials im Zuge fortschreitender Versenkung. Meteorische Einflüsse auf diese 'non-bright-dull'-Zementsequenz können ausgeschlossen werden.

Auf eine lange, zementationslose Periode folgte im tiefen Versenkungsbereich erneut Kalzitcementation, die durch stark Fe-haltige (> 1000 ppm), schwach-lumineszierende Blockzemente vertreten ist. Diese füllen die 'Rest-Porosität' in den Stromatactis-Hohlräumen vollständig aus. Die starke Abnahme der  $\delta^{18}\text{O}$ - (-10.6 bis -14.8 ‰ PDB) und  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte (bis -9.0 ‰ PDB) ist allein durch die versenkungsbedingte, geothermische Wärme nicht zu erklären. Es werden daher kurzzeitige hydrothermale Einflüsse angenommen. Die Karbonatquelle für die Zementausfüllung im tiefen Versenkungsmilieu ist in diesem Fall wahrscheinlich in der  $\text{CO}_2$ -Entgasung der Porenwässer zu suchen. Prävariszische Deformation im Untergrund führte zur Entstehung eines Kluftsystems und damit zur Schaffung neuen Porenraumes. Die Verteilung der Tiefenwässer auf diesen Porenraum bedingte eine Abnahme des Porenwasserdruckes und damit  $\text{CO}_2$ -Entgasung und erneute Karbonatübersättigung.

### Neukartierung der Gosau des Hochschwab-Gebietes (Steiermark, Österreich) – Ergebnisse zu Fazies, Biostratigraphie und Paläogeographie

KEGLER, P., ANDRÉS, C. & TRAGELEHN, H.

Geologisches Institut, Universität zu Köln, Zulpicher Str. 49a,  
D-50674 Köln

Bei den Voruntersuchungen zur Kartierung des Kartenblattes ÖK50 Eisenerz wurde von kartierenden Geologen der Geologischen Bundesanstalt Wien im Jahre 1995 ein neues, ausgedehntes Vorkommen von paläozänen Riffkalken (Kambühelkalk) innerhalb der Gosau des Hochschwab-Massivs im Bereich Brandstein/Ebenstein identifiziert. Erste, sehr punktuelle Aufsammlungen durch H. Tragelehn im selben Jahr zeigten erhebliche fazielle Unterschiede des neuen Vorkommens zu bereits bekannten Lokalitäten

(TRAGELEHN 1996), so dass nunmehr eine umfassende Neuaufnahme und Detailkartierung in Zusammenarbeit mit der Geol.BA durchgeführt wurde.

Resultat dieser Neukartierung war die Aufnahme des mit ca. 10 km<sup>2</sup> derzeit größten bekannten Vorkommens von rein flachmariner Gosau innerhalb der Nördlichen Kalkalpen. Mit mehr als 2 km<sup>2</sup> erschließt die Gosau des Hochschwab-Gebietes überdies einen größeren Ausstrich des ausgesprochen seltenen paläozänen Kambühel-Riffkalkes, als die Gesamtheit der übrigen bekannten Vorkommen.

Auf einem lithologisch sehr homogenen Untergrund, bestehend aus Plattformkarbonaten der Mittleren Trias (überwiegend Wettersteindolomit und Dachsteinkalk) transgredieren im tieferen Maastricht leicht siliziklastisch geprägte Orbitoidenkalke/sandsteine mit vielfach charakteristischem Fossilinhalt (Großforaminiferen, Rotalgen). Depressionen im überfluteten Triasrelief werden dabei mit markanten Basiskonglomeraten verfüllt. Wechsellagerungen von groben und feinkörnigeren detritischen Sedimenten im gesamten Ausstrich dokumentieren in der Folgezeit die Etablierung eines durchwegs flachmarinen bis neritischen, Rampen-artigen Ablagerungsraumes. Im Gegensatz zu den meisten Gosauvorkommen dieses Zeitraums ist keine gravierende Absenkungstendenz erkennbar. An keiner Stelle ist ein Übergang in tiefermarine, planktonreiche Kalkmergel oder feinkörnige Sandsteine ausgebildet.

Mit einem lithologischen und zeitlichen Hiatus werden die Schichten des Maastricht von einer wenige Meter mächtigen, lückenhaft ausgebildeten Brekzie überlagert, in der ausschließlich lokales Material des anstehenden Trias-Untergrundes aufgearbeitet wird. Dieser Aufarbeitungshorizont schließt mit offensichtlich beträchtlicher Schichtlücke die Kreide/Tertiär-Grenze ein und reflektiert die Auswirkung der gravierenden Meeresspiegelschwankungen dieses Zeitbereiches auf einen flachmarinen Sedimentationsraum. Größere Anteile der im Maastricht gebildeten Sedimente wurden offensichtlich schon in diesem Zeitbereich wieder abgetragen. Die heute nachvollziehbare Gesamtmächtigkeit der Orbitoidenkalke von maximal 80-100 m ist daher als sehr rudimentär zu betrachten.

Das Hangende des Aufarbeitungshorizontes bilden nahtlos die Kambühelkalk-führenden Olisthostrome des höheren Thanet. Der ohnehin schwache Eintrag von Siliziklastika kommt in den hangenden Schichten des Paläozän völlig zum Erliegen, so dass die Gleitmassen in der Regel keinerlei Bindemittel zeigen. Die ausgesprochen großen Gleitmassen des Kambühelkalkes wirken daher im Ausstrich homogen und erwecken vielfach den Eindruck eines in situ verbliebenen Riffkörpers. Erst die detaillierte mikrofazielle Aufnahme erschließt das fragmentarische Nebeneinander unterschiedlichster Faziestypen. In ihrer Gesamtheit reflektieren sie einen sehr differenzierten und sicherlich nicht weit verfrachteten Riffkomplex.

Bemerkenswert ist die Ausbildung einer stabilen Vorriff-Fazies, die bislang nur in den jüngeren Paläozän-Riffkomplexen der Westkarpaten nachweisbar war. Einen großen Raum nehmen restrigiert lagunäre Faziestypen ein (peloidische Grainstones, Rindenkorn-Fazies). Das proximale Rückriff und der Riffkern sind durch außergewöhnlich großwüchsige Riffbildner gekennzeichnet. Poritiden und andere Stockkorallen, die in anderen Lokalitäten kaum größer als 15 cm werden, erreichen hier Durchmesser von 50 bis 80 cm. Die Solenoporaceen als maßgebliche Rotalgen entwickeln eine phacelloide Wuchsform und erreichen Stockgrößen bis zu 20 cm.

Im Gegensatz dazu steht die Entwicklung der im Kambühelkalk üblicherweise ausgesprochen diversen Dasycladaceen, die hier nur einen Bruchteil ihres üblichen Artenreichtums erreichen. Besonders signifikant ist das massenhafte Vorkommen von Arten, die in den festgefügteten Kambühelkalk-Lagunen anderer Vorkommen selten und stets nur in Aufarbeitungshorizonten an Sequenzgrenzen erscheinen (vgl. TRAGELEHN dieser Band).

Zusammenfassend zeigt sich das Bild eines Riffkomplexes sehr eigener Prägung, dessen Bildungsraum auf einer vom Hinterland abgetrennten, ausschließlich von lokalem Eintrag geprägten Trias-

kalk-Insel zu lokalisieren ist. Fehlender klastischer Eintrag führte zu deutlich besseren Wuchsbedingungen für die ansonsten oftmals kümmerlichen Riffbildner. Gleichzeitig etablierte sich keine ausgeprägt vollmarine Lagune, jedoch – reliefbedingt – temporär abgeschnürte Bereiche.

TRAGELEHN, H. (1996): Maastricht und Paläozän am Südrand der Nördlichen Kalkalpen (Niederösterreich, Steiermark) – Fazies, Stratigraphie, Paläogeographie und Fossilführung des ‚Kambihelkalkes‘ und assoziierter Sedimente. - I-VI, 1-216, 29 Abb., 4 Tab., 64 Taf., Dissertation Univ. Erlangen-Nürnberg.

TRAGELEHN, H. (2000): Die paläozäne flachmarine Gosau in Österreich – ein Ansatz zur bio- und sequenzstratigraphischen Gliederung. - Mitt. Ges. Geol. Bergaustud. Österr., 43: 139, Wien.

### Integrated 3D Geological Modelling: Jakhira Oil Field, Libya

KNISPPEL, R.

Wintershall AG, Friedrich-Ebert-Straße 160, P.O.Box 10 40 20, D-34112 Kassel, Germany

The 3D-geological model generated represents a new integrated reservoir study of the Jakhira Oil Field in Concession 96, Libya. The Jakhira Oil Field is located in the south-eastern part of the Sirte Basin, onshore Libya, close to the oasis of Jakhira.

The Jakhira Field was discovered in 1968/69 and commenced production in 1976. Ten wells have penetrated the main producing reservoir formation, PUC-B (Pre-Upper Cretaceous "B"); seven of these were completed for production. The field has been developed by primary depletion, as there is a strong water drive.

The concession is located in the Maragh trough, a graben feature situated between the Amal Basement High and the eastern Cyreniac Shelf. The Sirte Basin was formed by regional NNW-SSE extension during Paleozoic to Caneozoic times. Within this regional tectonic setting, Jakhira is located in an intensively faulted crestal part of a NW-SE trending half-graben block, which is dipping towards NNE-NE.

The clastic PUC-B formation was deposited in a braided river environment in an arid climate, probably during Permo-Triassic times. The maximum vertical thickness of PUC-B sandstones is 1500 ft. They are intercalated by thin layers (0.5–7ft) of shales and well cemented siltstones, interpreted as crevasse and floodplain deposits. The upper reservoir section often contains soil horizons indicating a rising ground water level. The top of PUC-B is cut by an erosive unconformity.

A new study of the Jakhira Oil Field was required as there was not a good match between production forecasts and actual production results. The uncertainty of the structural understanding of the field is due to restrictions in acquiring 3D seismic in the oasis, and therefore the interpretation is based on a limited number of 2D seismic lines. The main objective of this study was to overcome the problem of having limited seismic data by developing a model using an approach that integrated geological understanding and production behaviour.

In order to create a consistent 3-D model of the reservoir, a structural grid containing the latest seismic interpretation had to be built as the first step in the workflow. Based on data derived from cores, logs, well tests, and production history, a facies model was created to enable petrophysical realisations conditioned to the reservoir's geology to be performed before final upscaling of the grid. The new model based on the revised structural interpretation results in an oil volume in place consistent with the production data. Subsequently the model is used to confidently make forward predictions and to establish an optimal recovery strategy for the remainder of the field-life.

### Sedimentologie und Geochemie der Perm-Klastite des Lodève Beckens (S-Frankreich) Fazies, Klima, Genese

KÖRNER, F.\*, SCHNEIDER, J.W.\*, HOERNES, S.\*\*\*, GAND, G.\*\*\* & KLEEBERG, R.\*

\*TU-Bergakademie FG, Geologisches Institut, B.v.Cottastr. 2, 09596 Freiberg, \*\*Mineralogisch-Petrologisches Institut, Poppelsdorfer Schloß, 53115 Bonn, \*\*\*Université de Bourgogne, Boulevard Gabriel 6, 21000 Dijon (France)

Im Rahmen des DFG-Forschungsprogrammes SPP "Evolution des Systems Erde im Spiegel der Sedimentgeochemie" werden die permischen Sedimente des Lodève Beckens vorwiegend unter lithofaziellen, mineralogischen, geochemischen und palökologischen Gesichtspunkten bearbeitet. Ziel ist die Rekonstruktion der Faziesmuster-steuernden Klimaprozesse im höheren Perm, d. h. im Übergang zum mesozoischen Warmhaus (Abb.).

Im Lodève Becken beginnt die Sedimentation im Gzhelian mit lakustriner und fluvialer Graufazies (Usclas St.-Privat und Tuilières-Loiras Formation) eines distalen Fächer- und Überflutungsebenensystems mit beckenzentralen eutrophierenden Seen: Konglomerate, z. T. bone bed-führende Sandsteine, Schluffsteine, Schwarzpelithorizonte mit Fisch- und Pflanzenresten, hydromorphe Böden und sporadisch eingeschaltete Tuffe eines kalkalkalischen Vulkanismus. Von der Tuilières-Loiras zur Viala Formation vollzieht sich ein klimatisch gesteuerter Übergang von Grau- zu Rotfazies. Pseudomorphosen nach Gips, Trockenrißmuster, Faunen und Floren semiarider Klimate, xeromorphe Calcisole, Vertisole mit pedogenen Harnischen sowie das authigen in evaporitischem Milieu gebildete Zeolithmineral Analcim zeigen semiarides Klima in der oberen Viala und der Rabejac Formation an.

In der unteren Salagou Formation nimmt die Häufigkeit von Indikationen saisonalen, niederschlagsarmen Klimas deutlich zu. Es dominieren Pelitablagerungen einer periodisch gefluteten Playa: Zyklen cm- bis m-mächtiger, z. T. laminiertes, rotbrauner Tonsteine und beigefarbener bis graugrüner, cm-mächtiger Schluffsteine. Sandsteine sind nur noch sporadisch eingeschaltet. In der Octon Fazies wird ein Ariditätsmaximum erreicht. Dies wird sowohl nach palökologischen Kriterien als auch durch den CIA (NESBITT & YOUNG 1982) gestützt, der im Niveau der Octon Fazies die niedrigsten Werte besitzt. In der Salagou Formation konnten erstmals Tuffe nachgewiesen werden (KÖRNER 1999). An der Grenze Viala Formation/Rabejac Formation ändert sich der Charakter des Vulkanismus von kalkalkalisch zu alkalisch (NMILA 1995). Fossilien - Conchostraken, Triopsiden, Coniferen vom *Dicranophyllum*-Typ und Insekten - treten z. T. massenhaft in den während Starkregenereignissen als Zustromkanäle fungierenden Rinnen bzw. in Kolken der Salagou Formation auf, sind aber auch in einzelnen Ton- und Schluffsteinen zu finden. Die Merifons Fazies geht aus der Octon Fazies durch Zunahme der Schluffstein/Tonstein-Zyklenfrequenz hervor. Sie enthält außerdem häufiger Schluffsteine mit graugrünen Färbungen und Dolomitementen. Neben Fe-Oxiden und Karbonaten (nicht quantifiziert) enthalten die Tonsteine von Octon und Merifons Fazies überwiegend Analcim (5-25 %), syngedimentär bis frühdiagenetisch (K-Ar Datierung in Octon Fazies: 264 Ma) gebildetem Albit (10-30 %), Illit (40-80 %) und Quarz (0-20 %). Kalifeldspat tritt nur in Graufazies und in der La Lieude Fazies auf.

Mit der La Lieude Fazies setzt plötzlich eine grobklastische Sedimentation dm- bis m-mächtiger, schichtflutartiger debris flow- und braided river-Ablagerungen ein. Hohe CIA-Werte, das Fehlen von Analcim, dominierende graugüne Färbungen und großdimensionale Schrägschichtungsmuster einzelner Rinnenkörper zeigen eine Zunahme der Niederschläge an. Der plötzliche Klimawechsel ist wahrscheinlich Resultat oberpermischer Transgression (Bellerophon-, Zechsteintransgression).

Der am Calcit pedogener Karbonatnollen und karbonatisch zementierter Schluffsteinhorizonte ermittelte Trend der Sauerstoffisotope zu höheren  $\delta^{18}\text{O}$ -Werten stimmt sehr gut mit Litho- und