

geologischen Aufnahmsarbeiten im Hochschwabgebiet beauftragt. Seither wurden 353 km² des Gebietes zwischen Gußwerk und Wildalpen geologisch neu aufgenommen. Die Daten sind nun als ARC INFO basierte, digitale geologische Karte im Maßstab 1:25.000 verfügbar. Die Neuaufnahme des Hochschwabmassives und seiner angrenzenden Gebiete zeigt entgegen früheren Darstellungen (SPENGLER & STINY 1926, TOLLMANN 1976, Geologische Karte der Steiermark 1:200.000 1984), die noch von durchlaufenden Schichtfolgen und einfacher Bruch- und Schuppen- tektonik geprägt waren, einen überaus komplexen tektonischen Aufbau bei dem stratigraphische Kontakte eher die Ausnahme als die Regel sind. Ein älterer (oberes Eozän ?) Deformationsakt führt zur Anlage eines Systems aus nordwestvergenten Überschiebungen und kleinräumigeren südostvergenten Rücküberschiebungen die abwechselnd in möglicherweise kinematisch gekoppelte, Ost-West streichende, dextrale Blattverschiebungen übergehen. So wird beispielsweise der im Süden des Hochschwabgebietes, abweichend in Fözl Fazies (SPENGLER 1920) entwickelte Bereich, vom Festbeilstein über den Karlhochkogel bis zur Mitteralm, vom nördlich gelegenen Hochschwab durch ein entlang des Seetales Ost – West streichendes Blattverschiebungssystem tektonisch begrenzt, das im Trawiestal von einer nordwestvergenten Überschiebung abgelöst wird. Im Zuge dieser Überschiebung werden die stratigraphisch liegenden Schichtglieder (Werfener Schichten, Gutensteiner Kalke u. Dolomite, Steinalnkalk, auflagernde Becken- und Hangfazies) des Hochschwabmassivs extrem verkürzt und bilden eine in der Überschiebungsrichtung überschlagene, azyklindrische Antiklinale. Der im Bereich des Hundsbodens bis zum Ziegelkogel aufgeschlossene Wettersteindolomit und stratigraphisch verbundene Dachsteinkalk lagert den Serien des Hochschwabmassives als Deckscholle auf und ist als Äquivalent der Fözl Fazies in die nordwestvergente Überschiebung eingebunden.

Im Zuge der lateralen Extrusion der Ostalpen (RATSCHBACHER, FRISCH & LINZER 1991) im Miozän wird das Hochschwabgebiet in einen sinistralen Scherkorridor eingebunden in dem ein Großteil der bestehenden Strukturen reaktiviert wird.

Die Anbindung an die sinistrale Gesäusesstörung erfolgt über ein System aus sinistralen WSW-ONO streichenden Blattverschiebungen (1.: Miessattel, Prescenyklaus, Viererscharte, Griesgassl; 2.: Bärbach Sattel, Salzatal, Körbelsattel, Schreierklamm).

Die dargestellten Ergebnisse zu Ablauf und Deformationsmechanismus im Hochschwabgebiet ermöglichen gemeinsam mit der detailliert durchgeführten Fazieskartierung wesentlich bessere Prognosen über den Tiefbau des Gebietes sowie möglicher Wasserwegigkeiten und Quelleinzugsgebiete.

SPENGLER, E. (1920): Zur Stratigraphie und Tektonik der Hochschwabgruppe. - Verh. Geol. St.A., 1920: 49-60, Wien.

SPENGLER, E. & STINY, J. (1926): Geologische Spezialkarte 1:75.000 der Republik Österreich, Blatt Eisenerz, Wildalpen, Aflenz. - Geol. B.-A., Wien.

TOLLMANN, A. (1976): Der Bau der Nördlichen Kalkalpen. Orogene Stellung und regionale Tektonik. - Deuticke, Wien.

FLÜGEL, H.W. & NEUBAUER, F.R. (1984): Geologische Karte der Steiermark 1:200.000. - Geol. B.-A., Wien.

RATSCHBACHER, L., FRISCH, W. & LINZER, H.-G. (1991): Lateral extrusion in the eastern Alps, part II: structural analysis. - Tectonics, 10/2: 257-271, Washington, D.C.

Field study on an exhumed Lower Devonian high pressure reservoir

BÜKER, C.*, HILGERS, C.**, URAI, J. L.**, LITKE, R.*, POST, A.**, v.D. ZEE, W.** & KRAUS, J.**

*Institute of Geology and Geochemistry of Petroleum and Coal, Aachen University of Technology, 52056 Aachen, **Lithosphere Dynamics, Aachen University of Technology, 52056 Aachen

A field-based study on a thick Lower Devonian deltaic sand-shale sequence allowed to unravel processes occurring in a depth range not yet explored by drilling. The rocks today are present in excellent quality outcrops around the shores of the Rur lake (Rhenish Massif, Germany) but have been buried to a depth of around eight kilometres in the late Palaeozoic.

Investigations focused on microstructure evolution using transmitted light microscopy, with additional information derived from fluid inclusion microthermometry and basin modeling.

Microstructures and modelling results indicate that burial was initially at near-hydrostatic pore pressures. During compaction, cohesion was built up by cementation. Then, pore pressures rose to values around the minimum horizontal principle stress, as evidenced by a suite of layer-perpendicular quartz veins in the sandstones, which show mode one trans-granular fracturing. The period of overpressuring most probably was long-lived, in a setting of moderate tectonic extension, as shown by up to ten percent layer-parallel extension by crack-seal processes. Basin modelling helped to constrain the influence of gas generation and clay dewatering on overpressure build-up.

Onset of tectonic shortening and rotation of principal stress direction is reflected by the development of layer-parallel reverse faults and associated quartz veins. Shear stress levels have increased as indicated by quartz microstructures, probably associated with a rise in pore pressure. Where the reverse faults crosscut bedding in small ramps, large amounts of quartz veins with complex structures were formed, suggesting that these were major pathways for fluid migration. The early thrusts were overprinted by progressive folding and the development of a slaty cleavage in the pelitic layers.

Diagenese und Paläoporenwasserfluß in tiefen devonischen Gasfeldern von Alberta, Canada

BUSCHKÜHLE, B.E. & MACHEL, H.G.

Department of Earth and Atmospheric Sciences, University of Alberta, Edmonton, T6G 2E3, Canada

Eines der größten geologischen Gebilde im tiefen Alberta Basin ist der mittel- bis oberdevonische Southesk-Cairn Karbonatkomplex (s. Abb.), in dem bereits mehrere Gaskondensatfelder, manche davon mit hohen Mengen an H₂S, gefunden wurden. Unser Projekt untersucht anhand von stratigraphischen, petrographischen und geochemischen Methoden die Diagenese in diesem Komplex. Hauptziel ist es herauszufinden, ob tektonische Auspressung von Formationswässern (gemäß dem sogenannten Squee-geomodell) in dem tiefen Bereich des Alberta Basin einen Einfluß auf den Porenwasserfluß und/oder die Kohlenwasserstoffmigration hatte.

Der Southesk-Cairn Karbonatkomplex befindet sich in Teufen zwischen etwa 5000 m (proximal) bis 2000 m (distal bezüglich der Deformationsfront der Rocky Mountains). Der Komplex ist aus vier (D1 bis D4) übereinanderliegenden Karbonatplattformen mit assoziierten Riffen aufgebaut, welche von Mergeln und Evaporiten unter-, um- und überlagert werden. Die Karbonatplattformen bilden regionale Aquifere und die Riffe oft Speichergesteine, wohingegen die Beckensedimente und Evaporite fast undurchlässig sind und somit Aquitarde/Aquicluden bilden. Regionale Korrelation von Bohrlochdaten ergaben zudem, daß die Karbonate des D1 bis D4 unmittelbar vor der Deformationsfront einen zusammenhängenden Aquifer bilden, da dort die Aquitarde fehlen. Außerdem scheint das Wild River Basin, welches ein kleineres Becken innerhalb des Komplexes ist und bisher als relativ „dicht“ betrachtet wurde, stellenweise Aquifere und sogar Reservoire im D2 zu enthalten.

Die regional heterogene Ausbildung von Aquitarden und Aquiferen kontrollierte die Diagenese und damit die gegenwärtige Verteilung

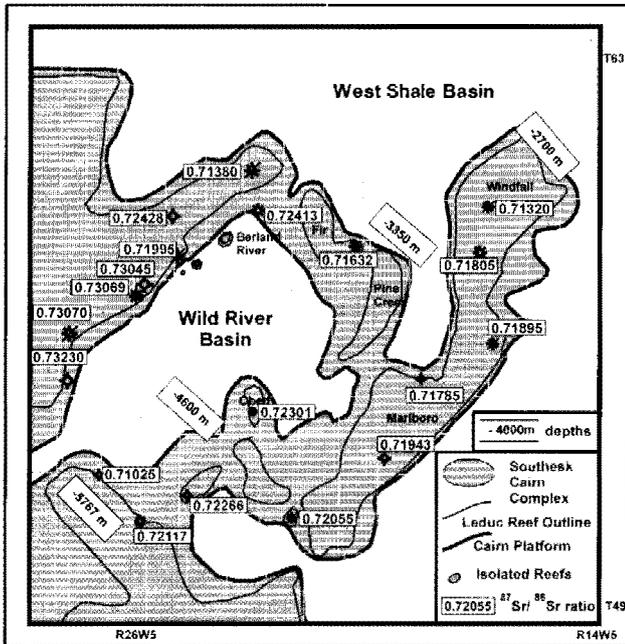


Abb.

lung von Porosität, Permeabilität, Kohlenwasserstoffsättigung und -zusammensetzung. Die Karbonate bestehen überwiegend aus Dolomitgesteinen, die vorwiegend als graue, mittelkristalline Matrixdolomite mit interkristallinen Porositäten von ca. 3 bis 10 % vorliegen. In einigen Bohrkernen, in denen die Matrixdolomitierung unvollständig ist, befinden sich frühdigenetische marine Kalzit-zemente in primären Hohlräumen. Größere sekundäre Lösungshohlräume und Spalten in den Dolomitgesteinen enthalten milchig-weiße und klare, grobkristalline Kalzite, weißen Satteldolomit und Anhydrit, sowie (in Sauer gasfeldern) elementaren Schwefel. Diese offenbar spätdigenetischen Produkte sind mit Kohlenwasserstoffstoffen assoziiert, die als süße oder saure Kondensate und Festbitumen auftreten.

Die diagenetischen Prozesse können auf drei Hauptphasen der Porenwasserevolution zurückgeführt werden: (1) syndementär bis flache Versenkung, (2) intermediäre Versenkung, und (3) tiefe Versenkung. Jede dieser Phasen hatte beträchtlichen Einfluß auf die Qualität der Speichergesteine. Porosität und Permeabilität wurden während der Phase 1 (marine Zemente) stark reduziert, während der Phase 2 (Matrixdolomit) jedoch erheblich erhöht. Phase 2 ist in das späte Devon bis Unterkarbon zu stellen, wobei die Matrixdolomite von leicht modifiziertem Meerwasser gebildet wurden. Diagenese in Phase 3 degradierte die Reservoirqualität durch die Bildung von Sauer gas und verschiedener Zemente während tieferreichender Versenkung in der Oberkreide und dem Tertiär. Das H₂S und der elementare Schwefel entstanden durch thermochemische Sulfatreduktion.

Die spätdigenetischen weißen Kalzit-zemente belegen zudem durch ihre Sr-Isotopenanteile den Einfluß von tektonischem Paläoporenwasserfluß. Die ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr-Werte sind mit 0.7323 am höchsten unmittelbar an der Deformationsfront und nehmen mit zunehmender Distanz in das Vorlandbecken auf 0.7132 ab (s. Abb.). Die Mengen an tektonisch ausgepreßten Porenwässern scheinen allerdings recht limitiert gewesen zu sein, denn das radiogene Sr-Signal kann nur ca. 100 - 150 km in das Vorlandbecken verfolgt werden, und Flüssigkeitseinschlüsse in den Kalziten deuten keine erhebliche Temperaturerhöhung an. Der Einfluß dieses Porenwasserflusses auf die Kohlenwasserstoffmigration ist nicht klar und wird weiter untersucht.

Sedimentpetrographische Interpretation der Bildungsbedingungen der Dinosaurier-Lagerstätte Tendaguru (Oberer Jura, Tansania)

BUSSERT, R.

Technische Universität Berlin, GEOSYS, Sekr. ACK 9, Ackerstraße 71-76, D-13355 Berlin

Die in der Umgebung des Tendaguru-Hügels in Südosttansania aufgeschlossenen Tendaguru-Schichten (Oberer Jura-Untere Kreide) bestehen aus drei "Sauriermergel"- und drei marinen Sandstein-Horizonten. Der Mittlere Sauriermergel (Kimmeridge) und der Obere Sauriermergel (Tithon) führen massenhaft Skelettreste von Dinosauriern. Die Entstehung der Fossil-Lagerstätte wirft noch Fragen auf: Ist sie auf katastrophale Sterbeereignisse zurückzuführen (JANENSCH 1914), oder auf "normale" Vorkommnisse, wie saisonale Trocken- und Dürreperioden, Krankheit und Altersschwäche (HEINRICH 1999)? Lag der Einbettungsraum der Dinosaurierskelette in einem randlich marinen oder in einem rein kontinentalen Bereich?

Das am Museum für Naturkunde der Humboldt-Universität zu Berlin aufbewahrte Probenmaterial der Deutschen Tendaguru-Expedition (1909-1913) wurde exemplarisch sedimentpetrographisch untersucht (Dünnschliffe, Röntgendiffraktometrie). Ziel war es, Hinweise auf das während der Entstehung der Dinosaurier-Lagerstätte herrschende Paläoklima und auf das Ablagerungsmilieu zu finden, und damit paläontologisch gestützte Interpretationen zu ergänzen.

Untersuchungsergebnisse: Die Tendaguru-Schichten bestehen hauptsächlich aus Quarz, Kalzit und Feldspat. Es sind tonarme, karbonatisch-siliziklastische Mischgesteine: In den beiden oberen Sauriermergeln überwiegen Silt- und Feinsandsteine mit oft kalzitischer Matrix. Die in die Sauriermergel eingeschaltete Nerineen-Schicht und die *Trigonia smeei*-Schicht sowie die den Oberen Sauriermergel überlagernde *Trigonia schwarzi*-Schicht bestehen dagegen vor allem aus kalzitisch zementierten Sandsteinen und sandführenden, bioklastenreichen Kalksteinen. Alle Schichtglieder weisen hohe Feldspatgehalte auf. In einigen Proben des Mittleren und des Oberen Sauriermergels sind Spuren von Gips enthalten. Die Tonfraktionen werden durch Smektit dominiert, daneben tritt auch Illit auf; Kaolinit ist nur in Spuren nachzuweisen.

Der Mittlere und der Obere Sauriermergel führen vielfach umgelagerte Knochenreste, tonige Aufarbeitungsgerölle und kalzitische Rundkörper. Die Gefügemerkmale der überwiegend nur wenige Millimeter großen Rundkörper kennzeichnen sie als Calcretes. Neben umgelagerten Calcrete-Geröllen sind auch Anzeiger für eine in situ Calcrete-Bildung vorhanden.

Interpretation: Der Sedimentationsraum des Mittleren und des Oberen Sauriermergels lag in einem küstennahen Bereich, der gegen hochenergetische fluviale und gegen marine Einflüsse weitgehend geschützt war. Er entsprach einer weitflächigen Sabkha oder einer fast vollständig vom Meer abgeschlossenen Lagune. Während vom Land her hauptsächlich Silt und Feinsand eingetragen wurde, bildeten sich im Ablagerungsbereich Karbonate. Ein häufiges Trockenfallen des Sedimentationsraums wird durch das Auftreten von Calcretes dokumentiert.

Die Nerineen-Schicht, die *Trigonia smeei*-Schicht und die *Trigonia schwarzi*-Schicht repräsentieren dagegen marine Bildungen, z. T. Ablagerungen barren- oder riff-artiger Sedimentationskörper, die während transgressiver Meeresspiegelphasen landwärts verlagert und dadurch weitflächig sedimentiert wurden.

Die hohen Feldspat- und niedrigen Tonmineralgehalte belegen die Dominanz physikalischer Verwitterungsprozesse in den Sedimentliefergebieten. Das Vorherrschen von Smektit in den Tonfraktionen, bei sehr geringen Kaolinitanteilen, und das Auftreten von Calcretes und Gips Spuren im Mittleren und im Oberen Sauriermergel spre-