

part of the Arabian Peninsula (BRAAKMAN et al. 1982). The glaciogenic formation consists of a sequence of glacially generated shales, siltstones, sandstones, conglomerates and tillites with numerous vertical and rapid lateral facies changes. The formation is one of the key oil-bearing reservoirs in south Oman accounting for 18% of south Oman's total Stock Tank Oil Initially In Place (STOIIIP). Lateral facies relationships are complicated by syndepositional salt withdrawal and dissolution, pronounced palaeotopography on the basal unconformity and intraformational unconformities, causing difficulties in accurate lateral and vertical prediction of both reservoirs and seals (SCHÖNICKE 1999).

Geological and sedimentological investigations have recently been carried out in a study area on the southwestern flank of the Huqf axis where the best outcrops of the Al-Khlata-Formation are found. Here the formation's thickness of only 70 m (WITTE 1999) - compared with up to 750 m in the adjoining basin (BRAAKMAN et al. 1988) - is due to condensed sedimentation on the Huqf axis. The field investigations encompassed statistical strike-and-dip measurements of cross-bedding and glacial striations giving evidence for a NNE to NE oriented palaeogradient. Palaeocurrent markers were measured in three litho- stratigraphic levels: A total of 400 glacial striae (on the top of the sedimentary basement), 111 cross beds in silty sandstones (glaciofluvial) and 184 cross beds in conglomeratic sandstones (high energy glaciofluvial) have been measured (Fig. 1).

The northeasterly to northerly oriented palaeocurrents correlate very well with the palaeoflow patterns of permocarboniferous Gondwana. Moreover the results clearly contradict the theory of AL-BELUSHI et al. (1996) who claimed that the Gondwana Glaciation originated from a mountainous glaciation due to crustal uplift with SW-oriented palaeoflows.

AL-BELUSHI, J.D., GLENNIE, K.W. & WILLIAMS, B.P.J. (1996): Permo-Carboniferous Glaciogenic Al Khalata Formation, Oman: A New Hypothesis for Origin of its Glaciation. - *GeoArabia*, 3: 389-404,*, Bahrain.
 BRAAKMAN, J.H., LEVELL, B.K., MARTIN, J.H., PORTER, T.L. & VAN VLIET, A. (1982): Late Palaeozoic Gondwana glaciation in Oman. - *Nature*, 299: 48-50, London.
 BRAAKMAN, J.H., LEVELL, B.K. & RUTTEN, K.W. (1988): Oil-Bearing Sediments of Gondwana Glaciation in Oman. - *AAPG Bulletin*, 72: 775-796, Tulsa.
 SCHÖNICKE, O. (1999): Facies Interpretation from Openhole Logs, Cores and Outcrops: Example of the Permo-Carboniferous Glaciogenic Al Khlata Formation, Oman. - Doctoral thesis, 1-190, 11 encl., TU Clausthal.
 WITTE, J. (1999): Die Sedimentologie (Fazies, Transportrichtung, Materialherkunft) und Lithologie der glazigenen Al-Khlata-Formation (Permokarbon) im Rahmen der geologischen Entwicklung der südöstlichen Arabischen Halbinsel. - Master thesis, 1-228, 8 encl., TU Clausthal.

Diagenesis and fluid evolution of the NE-German Basin

WOLFGRAMM, M.*, SCHMIDT MUMM, A.** & STRAUCH, G.***

*Institut für Geologische Wissenschaften, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Domstr. 5, 06114 Halle, **Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben, Stilleweg 2, 30655 Hannover, ***Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Theodor-Lieser-Str.4, 06120 Halle

The NE-German Basin (NEGB) is part of the ESE-WNW striking, cratonic Southern Permian Basin of Central Europe. Its evolution commenced in the Late Carboniferous with the deposition of the Permo-Carboniferous volcanics. Thick sediments were accumulated during the subsequent phase of subsidence in the Permo-Triassic. The present day structural setup of the basin is characterized by halokinetic movement of the Zechstein evaporites and ESE-WNW striking features along the northern and southern margin related to Late Cretaceous inversion tectonics.

The reconstruction of the thermal and chemical evolution of palaeofluid systems in the NEGB was approached through petrographic, microthermometric and stable isotope analysis of samples from drillcores in the vicinity of the BASIN 9601 DEKORP-traverse. The use of optical cathodoluminescence allowed the further differentiation of mineral phases and identification of mineral growth patterns.

The focus of the investigations was set on the diagenetically formed mineral assemblages. A distinction was made between early (calcite, dolomite, anhydrite, quartz and late (quartz, calcite, illite, chlorite etc.) diagenetic cementing minerals. Joints and fractures, formed during the late Triassic subsidence, are filled with calcite, anhydrite and quartz. They are characterized by fluid inclusion salinities of 15-30 NaCl equiv. wt.% and mineral forming temperatures of up to 220 °C. The peak of the progressive basin subsidence during the Jurassic is characterized by fluid inclusions with salinities of 5-25 NaCl equiv. wt. % and maximum temperatures of 390 °C in the Rotliegend volcanics of the central basin (BRECHT & WOLFGRAMM 1998). A younger fluid system, apparently related to reactivation during the Cretaceous inversion, resulted in the formation of baryte, fluorite, anhydrite and quartz. This fluid system is characterized by an abundance of CH₄- and N₂-containing inclusions as well as distinctly lower temperatures of melting and homogenization of the aqueous inclusions. The further characterization of the electrolyte composition of the aqueous phases in fluid inclusions was achieved by Cryo-SEM-EDS analyses (WOLFGRAMM & SCHMIDT MUMM 2000). This showed that the early (Triassic) diagenetic fluid system is marked by NaCl-dominated compositions with only minor CaCl₂ and MgCl₂ con-

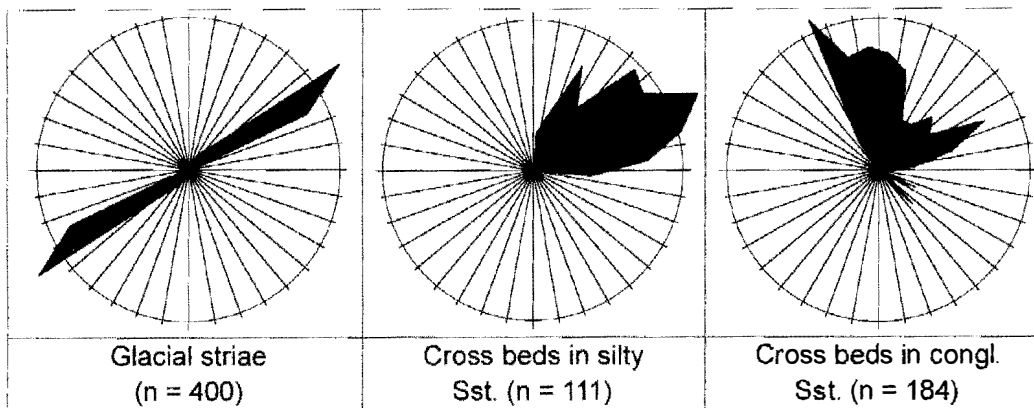


Fig. 1: The stereonets show the statistical evaluation of the palaeoflow measurements indicating that the palaeogradient was oriented towards north-easterly and northerly directions.

tributions. The younger (Jurassic) fluids are characterized by high salinities of complex compositions, dominated by $\text{CaCl}_2 + \text{MgCl}_2 + \text{NaCl} + \text{KCl}$ or $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$. The fluid composition appears highly dependent on the respective wall rock type and resembles the assemblage of autigenic or hydrothermal minerals. The microthermometric investigations further used to reconstruct the thermal evolution during progressive basin evolution. Homogenization temperatures of fluid inclusions suggest a gradual temperature increase down to the base of the Upper Rotliegend sedimentary units, following a variable thermal gradient of 20 to 40 °C/km. Below this, the gradient is strongly reduced to <10 °C/km, following an almost isothermal course in the Rotliegend volcanics. The often sharp temperature increase on the top of the Rotliegend volcanics is another characteristic. This temperature increase in combination with the low thermal gradient implies an intense heat flow as can only be achieved considering extensive convective or advective processes. The massive Rotliegend and Zechstein units of low permeability would have acted as a fluid flow barrier in this process.

Determination of the source of the mineral-forming fluids was approached by stable isotope analyses ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{34}\text{S}$) of newly formed minerals (calcite, sulphides, sulphates). Carbon (-8.9 to -4.9 ‰ PDB) and oxygen (17.9 to 24.1 ‰ SMOW) isotopic ratios are similar to those of vein deposits in the middle and Lower Harz mountains but distinct from the sulphide mineralizations of the Upper Harz (Bad Grund). $\delta^{34}\text{S}$ values of 4.6 ‰ to 11.3 ‰ CDT indicate a derivation of the sulphur from the Zechstein evaporites.

WOLFGRAMM, M. & SCHMIDT MUMM, A. (2000): Spatial correlation of fluid inclusion generations. - *Journal of Geochemical Exploration* (in press).
WOLFGRAMM, M. et al. (1998): Reconstruction of the thermal evolution in NE-German Basin during the mesozoic. - *Hall. Jb. Geowiss.*, **B5**: 187-189, Halle.

Ein spät- bis postglazialer Stalagmit aus dem Hölloch bei Riezlern (Gottesackergebiet/Allgäuer Alpen) als Archiv für Paläoumweltbedingungen

WURTH, G.*, NIGGEMANN, S.*, FRANK, N.***, MANGINI, A.* & RICHTER, D.K.*

*Institut für Geologie, Ruhr-Universität Bochum, Universitätsstraße 150, D-44801 Bochum, **Forschungsstelle Radiometrie, Heidelberger Akademie der Wissenschaften, Im Neuenheimer Feld 229, D-69120 Heidelberg

Erste Ergebnisse sedimentpetrographisch-geochemischer Untersuchungen (O/C-Isotopenmessungen, Dünnschliff-Analysen entlang der Stalagmiten-Wachstumsachse) in Verbindung mit Th/U (TIMS-Thermal Ionization Mass Spectrometry)-Datierungen an einem spät- bis postglazialen Stalagmiten aus dem Hölloch werden hinsichtlich ihrer Paläoumweltrelevanz interpretiert. Das Hölloch (u. a. SCHMIDT-THOMÉ 1961) liegt mit einer Eingangshöhe von 1450 m ü.NN am NE-Rand des Gottesackerplateaus etwa 10 km südwestlich von Oberstdorf. Der untersuchte knapp 30 cm lange Stalagmit Stal-Höl-1 war zum Entnahmepunkt aktiv.

Datierungen: Das Wachstum von Stal-Höl-1 umfaßt das gesamte Postglazial und zumindest Teile des Spätglazials. Eine Extrapolation der basalen Wachstumsrate (12 $\mu\text{m}/\text{a}$) deutet auf einen Wachstumsbeginn vor etwa 13.800a BP (spätglaziale Warmphase; Bölling/Alleröd) hin. Die mittleren Wachstumsraten variieren zwischen 11 μm und 35 $\mu\text{m}/\text{a}$, ein markanter Anstieg der Wachstumsrate von 12 auf 28 $\mu\text{m}/\text{a}$ liegt im beginnenden Atlantikum.

Makro-/mikroskopische Ausbildung: Der größte Teil von Stal-Höl-1 besteht aus einschlußfreien/-armen, nicht porösen - makro-

skopisch klaren - und in c-Achsen-Richtung stark verlängerten Calcitkristallen. Nur die basalen 6,2 cm (etwa bis Ende Boreal) sind durch breitere einschluß- bzw. porenreichere -makroskopisch milchigere - Zonen charakterisiert.

Stabile Isotope: Die $\delta^{18}\text{O}$ -Werte zeigen starke Variationen bis zum Beginn des Präboreals, danach einen kontinuierlichen Anstieg bis zum Ende des Boreals und anschließend bis heute recht geringe Schwankungen um den Mittelwert. Bei den $\delta^{13}\text{C}$ -Werten ist zum Wachstumsbeginn eine starke Anreicherung von ^{12}C erkennbar, und anschließend deutliche Schwankungen bis zum Boreal-Atlantik-Übergang. Nach recht konstanten Werten im gesamten Atlantikum folgt eine Phase sehr niedriger $\delta^{13}\text{C}$ -Werte im mittleren Subboreal und anschließend bis heute ein Trend zu schweren Werten.

Kristallausbildung, rezente Sinterisotopie bzw. Niederschlags-/Tropfwasserisotopie und die Entwicklung der Isotopie entlang einzelner Wachstumsstadien (nach HENDY 1971) deuten über den gesamten Stalagmiten auf **Sinterbildung im isotopischen Gleichgewicht** ± ohne kinetische Effekte hin.

Interpretation: Die $\delta^{18}\text{O}$ -Werte sind als Proxy für die nacheiszeitliche Niederschlagsisotopen/Temperatur-Entwicklung zu sehen (höhere δ -Werte → höhere Temperaturen). Einer Erwärmungsphase im Bölling/Alleröd folgt ein Kälteeinbruch in der Jüngeren Dryas (YD) und anschließend eine stetige Erwärmung bis zum Beginn des Atlantikums. Die anschließende Phase bis heute ist durch Temperaturstabilität geprägt. Diese Entwicklung der O-Isotopie ist - insbesondere für den Glazial-Postglazial-Übergang - auch in anderen Klimaarchiven nachgewiesen (Eiskerne - u. a. DANSGAARD et al. 1993; Alpensee-Sedimente - u. a. EICHER 1987). Die $\delta^{13}\text{C}$ -Werte spiegeln zu einem großen Teil die Vegetationsentwicklung im alpinen Raum wider. Die Anreicherung leichten Kohlenstoffs zu Wachstumsbeginn zeigt die rasche Entwicklung einer Vegetationsdecke im Bölling/Alleröd an. Der Kälteeinbruch der Jüngeren Dryas dokumentiert sich durch höhere C-Werte infolge geringerer Bodenaktivität. Eine Stabilisierung der Vegetationsdecke wird offensichtlich nach starken Schwankungen (Präboreal/Boreal) im beginnenden Atlantikum erreicht. Die niedrigen Werte im mittleren Subboreal korrelieren mit einer in den Schweizer Alpen nachgewiesenen intensiven Bodenbildungsphase (GAMPER & SUTER 1982). Der anschließende Trend zu schwereren C-Isotopen könnte möglicherweise mit einer anthropogen verursachten Absenkung der alpinen Vegetationsgürtel durch Schaffung von Kulturland zusammenhängen.

DANSGAARD, W., JOHNSEN, S.J., CLAUSEN, H.B., DAHL-JENSEN, D., GUNDESTROP, N.S., HAMMER, C.U., HVIDBERG, C.S., STEFFENSEN, J.P., SVEINBJØRNSDOTTIR, A.E., JOUZEL, J. & BOND, G. (1993): Evidence for general climatic instability of past climate from a 250-kyr ice-core record. - *Nature*, **364**: 218-220, London.

EICHER, U. (1987): Die spätglazialen sowie frühpostglazialen Klimaverhältnisse im Bereich der Alpen: Sauerstoffisotopenkurven kalkhaltiger Sedimente. - *Geogr. Helv.*, **42**(2), 99-104, Zürich.

FÜRERER, G., BURGA, C., GAMPER, M., HOLZHAUSER, H.-P. & MAISCH, M. (1987): Zur Gletscher-, Vegetations- und Klimageschichte der Schweiz seit der Spätzeit. - *Geogr. Helv.*, **42**(2): 61-91, Zürich.

GAMPER, M. & SUTER, J. (1982): Postglaziale Klimageschichte der Schweizer Alpen. - *Geogr. Helv.*, **37**(2): 105-114, Zürich.

HENDY, C.H. (1971): The isotope geochemistry of speleothems - I. The calculation of the effects of different modes of formation on the isotopic composition of speleothems and their applicability as palaeoclimatic indicators. - *Geochim. Cosmochim. Acta*, **35**: 801-824, Oxford.

SCHMIDT-THOMÉ, P. (1961) (Hrsg.): Das Hölloch bei Riezlern im Kleinen Walsertal (Allgäu-Vorarlberg) - eine karstkundliche Monographie. - *Wissenschaftl. Alpenvereinshefte*, **18**, 1-116, Innsbruck (Universitätsverlag Wagner).