

wie Messungen der magnetischen Suszeptibilität und der natürlichen Gammastrahlung (K, Th, U) beschreiben das Profil annähernd kontinuierlich (Auflösung unter 10 cm), wohingegen die Probenbearbeitung nur punktuelle Werte ergibt.

Sowohl Gammastrahlung, als auch magnetische Suszeptibilität geben die im Gelände beobachteten Wechsel von Kalk und Mergel sehr gut wieder und gestatten darüber hinaus eine höhere Auflösung als eine Bank-für-Bank-Aufnahme. An ca. 30 Proben wurden Karbonatgehalte gemessen und deren Korrelierbarkeit mit den geophysikalischen Werten überprüft. Statistische Tests haben ergeben, daß die K-Gamma-Strahlung ein recht zuverlässiger Anzeiger für Karbonatgehalte ist. Ein Polynom dritten Grades gestattet es daher mit der hier erforderlichen Zuverlässigkeit K-Gamma-Werte direkt in Karbonatgehalte umzurechnen und somit annähernd kontinuierliche Karbonatgehaltskurven zu erhalten. Von allen Parametern wurden Zeitreihenanalysen mit der Fourier-Methode und mit der Wavelet-Analyse (TORRENCE & COMPO 1998) durchgeführt. Dabei zeigt sich in den geophysikalischen Werten recht gut die im Gelände beobachtbare Zyklik, während Orbitalparameter nicht eindeutig hervortreten. In den Geländeaufnahmen hingegen werden, neben im Gelände offensichtlichen Zyklen, auch Orbitalparameter deutlich. Die Analysen wurden jeweils für das gesamte Profil und schließlich unter Weglassung der im Gelände als solche erkennbaren Tempestite durchgeführt. Die Spektren waren nur leicht verändert. Die Wavelet-Analyse zeigt deutliche Veränderungen der Zyklik im Verlauf des Profils. Aus den Zeitreihen wie auch aus der Wavelet-Analyse lassen sich quantitative Angaben zur Veränderung der Sedimentationsrate im Profilverlauf ableiten. Die Interpretation der Befunde ist noch im Gang soll aber bis zur Tagung abgeschlossen sein.

Die organisch-chemische Analyse ist ebenfalls noch nicht abgeschlossen zeigt aber jetzt schon im unteren Teil der oberen Kössener Schichten eindeutig marinen Ursprung des organischen Materials an, dessen Anteil nach oben hin abnimmt und durch verstärkte terrestrische Anteile ersetzt wird. Für die Diagenese konnten Temperaturen von 50–5 °C ermittelt werden. C_{org}/C_{carb} ist negativ korreliert, was nach RICKEN (1986) für Produktivitätszyklen spricht. Aus der anorganisch-chemischen Analyse ergaben sich durch Untersuchung von Fe, Mn, Va, Ni, Cr im unteren Teil des Profils dysaerobische und im oberen Teil stark reduzierende Bedingungen.

TORRENCE, C. & COMPO, P.G. (1998): A practical Guide to Wavelet Analysis. - Bull. American Meteorol. Soc., 79: 61-78.

Milankovitch-Zyklen ohne orbitale Steuerung?

HÜSSNER, H., ROESSLER, J. BETZLER, C. & PETSCHICK, R.

Johann Wolfgang Goethe-Universität, Senckenberganlage 32, Frankfurt am Main

Zyklische Sedimentfolgen in pelagischen Gesteinen, wie Kalk/Mergel-Wechselfolgen, Wechselfolgen unterschiedlich gefärbter Mergel oder regelmäßige Einschaltungen von Quarzbändern sind Anzeiger von zyklischen Veränderungen des Sedimentationsgeschehens. Diese werden gewöhnlich durch die Diagenese verstärkt, rein diagenetische Entstehung von solchen Wechselfolgen wird nur in wenigen Fällen postuliert. Die Regelmäßigkeit vieler Zyklen, ebenso wie ihre Zeitdauer legen es nahe für viele solcher Zyklen den Taktgeber und letztlich die Ursache in der Variation der Orbitalparameter zu sehen (Milankovitch-Frequenzen), wenngleich, insbesondere im Quartär auch Sub-Milankovitch-Zyklen (DO-Zyklen, Heinrich-Events und kürzere Zyklen) auftreten. Insbesondere in einer Treibhauswelt ist die mit der Variation der Erdbahnparameter verbundene Energieänderung so gering, daß eine Verstärkung dieser Signale durch die gekoppelten und komplex vernetzten Systeme Hydro-, Bio- und Atmosphäre notwendig

ist um die beobachteten Veränderungen zu erklären. Mit Hilfe einer computergestützten Modellierung soll untersucht werden, inwieweit diese Verstärkungsprozesse die ursprünglichen Signale verändern, unterdrücken oder auch neue Signale selbst generieren können.

Bisher wurden insbesondere die Prozesse im Ozean und die Wechselwirkung mit der Sedimentoberfläche modelliert, während die Prozesse an Land und in der Atmosphäre lediglich als Anfangs- und Randbedingungen miteinfließen, die aber z. B. mit den Frequenzen der Orbitalparameter variieren können. Zentrale Elemente der Modellierung sind Nährstoffkonzentration und Phyto-/Zooplankton an der Oberfläche, Sauerstoffkreislauf zwischen Oberflächen- und Tiefenwasser, Karbonatproduktion an der Oberfläche, Recycling von Nährstoffen, Export von Karbonat und organischem Material ins Sediment (Sedimentation), sowie die mittlere Zirkulationsperiode des Ozeans.

Bei Experimenten mit diesem computergestützten Modell ergaben sich unter realistischen Annahmen für Sauerstoffgehalt des Oberflächenwassers und ozeanischer Zirkulationsrate, sowie für **konstante** Zufuhr von klastischem Material und Nährstoffen, realistische Sedimentationsraten und ausgeprägtes zyklisches Verhalten (bis hin zum Chaos) von ozeanischen Variablen und von Sedimentationsraten für Karbonat und organischem Material und mittelbar auch für Klastika. Das hochgradig rückgekoppelte, nicht-lineare System zeigt erwartungsgemäß nicht nur die Periode der ozeanischen Zirkulation, sondern darüber hinaus Schwingungen bis etwa 200 ky. Damit wird der gesamte Bereich von ca. 1ky bis 200ky und damit alle wesentlichen Frequenzen wie sie in den oben genannten Wechselfolgen beobachtet werden abgedeckt. Die so erzeugten sedimentären Abfolgen sowie die daraus errechneten Power-Spektren sind natürlichen Abfolgen qualitativ und in vielen Aspekten auch quantitativ ähnlich, so ergeben sich z. B. realistische Karbonatverteilungskurven in karbonatreichen versus karbonatarmen Wechselfolgen, gegenläufiges Verhalten von Karbonat und TOC etc.

Climatic signatures as a stratigraphic tool in carbonates subjected to syndimentary deformation (Miocene, SE Spain)

HULTZSCH, N., KNOERICH, A., KRAUTWORST, U. & BRACHERT, T.C.

Institut für Geowissenschaften, Universität Mainz, Becherweg 21, D-55099 Mainz

The Betic Cordillera of southern Spain is characterized by a number of Neogene basins, formed in a close genetic relationship with the activity of the sinistral Trans-Alboran strike-slip fault system, locally called Carboneras fault (still active today). During the Miocene, eustatic changes of sea level and surface water temperatures produced vertically stacked carbonate ramps and platforms/reefs formed by temperate and tropical biotic associations respectively. In order to document the interaction of sea level, climate and local variations of tectonic subsidence or uplift, we comparatively analyzed the late Miocene depositional geometries preserved at the western and southeastern flanks of the Agua Amarga-Basin (distance 9 km) and basinal sections of the Níjar-Carboneras-Basin (SE-Spain). To the south of the Carboneras fault system the basement of the carbonate complex is formed by two units of volcanic rocks. (>9.6 Ma, and ~8 Ma). The volcanic rocks are intersected by internal breccias and sedimentary dikes (arranged parallel to the Carboneras Fault System) and draped by contemporaneous fossiliferous conglomerates and skeletal rudstones (planktonic foraminifers and deep water invertebrates) of the upper Tortonian. Along the flanks of Agua Amarga-Basin only erosional relicts of fossiliferous conglomerates (upper Tortonian) exist. In the west,

four wedges of skeletal calcirudite (uppermost Tortonian and lower Messinian), each capped by an erosion surface and less tectonically tilted upward, exhibit a clear successive landward onlap relationship. Within the lower two units representatives of the Bryomol association predominate, the upper two are Rhodalgal carbonates with few specimens of *Tarbellastrea*, interpreted to mirror carbonate ramps formed in an increasingly warm temperate climate. Three units of Chlorozoan facies on top (reefal frameworks formed essentially by *Tarbellastrea*, *Porites*, coralline algae, and stromatolites, *Halimeda* beds, and oolites), separated by erosional unconformities, indicate tropical conditions that prevailed in the lower and upper Messinian. The southeastern flank documents an identical trend of increasing surface water temperatures (uppermost Tortonian and Messinian), however, with a different number of Bryomol/Rhodalgal and Chlorozoan units (7/2). Syngenetic fault activity (truncation of units along normal faults) proves variations of uplift histories on both flanks to be tectonic in origin. Interpretation of the climatic signal therefore provides a significant stratigraphic tool to understand sedimentary processes operating within a framework of active tectonic topographic shaping and its interference with global sea level change.

Anwendung von Spektral-Gamma Ray Messungen zur sequenzstratigraphischen Analyse in Schwarzschieferabfolgen

JUNGHANS, W. D., RÖHL, H.-J. & SCHMID-RÖHL, A.

Institut & Museum für Geologie & Paläontologie Universität Tübingen, Sigwartstr. 10, D-72074 Tübingen

Gamma-Ray Messungen helfen häufig, trans-/regressive Tendenzen in einer sedimentären Abfolge festzustellen. An einem Fallbeispiel aus marinen Schwarzschieferablagerungen soll aufgezeigt werden inwieweit Spektral-Gamma-Ray Messungen neue Information für sequenzstratigraphische Interpretationen liefern können.

Anwendung und Methodik

Um die Verlässlichkeit der erzeugten Spektraldatensätze in Hinblick auf mögliche transgressive/regressive Zyklen zu überprüfen wurde im Steinbruch der Fa. Rohrbach-Zement Dotternhausen ein 10m mächtiges Posidonien-schiefer-Profil mit einem Spektral-Gamma Ray Gerät (GS-256; Fa Geofyzika) im Abstand von ca. 10cm gemessen. Den Messwerten wurden darüber hinaus verschiedenen geochemischen (TOC, Karbonatgehalt, RFA usw.), sedimentologischen und paläontologischen Datensätzen (RÖHL 1998, SCHMID-RÖHL 1999) gegenüber gestellt. Mit dem Gamma-spektrometer wird das Gesamt-Gamma-Ray und die Radioisotopgehalte von ^{40}K , ^{238}U , ^{232}Th gemessen. Neben den Absolutwerten werden die Th/K und Th/U-Verhältnisse zur näheren Charakterisierung von Ablagerungsverhältnissen herangezogen (ADAM & WEAVER 1958, PARKINSON 1996, DAVE & ELLIOT 1996). Messergebnisse

1. Das Th/K-Verhältnis, das in manchen Fällen zur Differenzierung proximaler von distalen Ablagerungsräumen benutzt wird (z. B. PARKINSON 1996), schwankt im Posidonien-schiefer um den Wert 4,5 und läßt keinen übergeordneten Trend erkennen. Die Tonmineralzusammensetzung abgeleitet aus dem Th/K-Verhältnis zeigt eine unspezifische 'mixed layer'-Tonmineralzusammensetzung an.
2. Das Th/U-Verhältnis ist durchgehend < 2 und weist damit auf reduzierende Bedingungen im Ablagerungsraum hin (ADAM & WEAVER 1958, DOVETON 1994). Allerdings kommen Kurzzeit-Schwankungen in der Sauerstoffverfügbarkeit nicht zum Ausdruck. Diese konnten durch chemische Parameter und faunistische Untersuchungen belegt werden (RÖHL 1998, SCHMID-RÖHL 1999, FRIMMEL 1998). Der Th/U-Kurven-

verlauf zeigt keine Übereinstimmung mit anderen Redoxparametern und ist daher im Posidonien-schiefer für die Rekonstruktion von Fluktuationen in der Sauerstoffverfügbarkeit nicht geeignet.

3. Bei den Absolutwerten zeigt die Kalium- und Thorium-Verteilung eine positive Korrelation mit dem Anteil an siliziklastischem Material und spiegelt damit den Grad der karbonatischen Verdünnung wider.
4. Der Verlauf der Urankurve, der durch RFA-Analysen gestützt wird, zeigt im Bereich der Inoceramenbank (Grenze falciferum/bifrons-Zone) ein deutliches Maximum. Eine relative Anreicherung aufgrund geringerer karbonatischer Verdünnung und generell fehlendem pristinen Phosphat kann ausgeschlossen werden. Auch eine verstärkte chemische Fällung von Uran unter erniedrigten pH- und Eh-Bedingungen ist für den angegebenen Profilabschnitt als Erklärung nicht plausibel, da dort die TOC-, TOC-KfB- und Schwefel-Werte erniedrigt und sogar Benthosbesiedlungen und damit Sauerstoffverfügbarkeit nachweisbar sind (RÖHL 1998). Dieser Abschnitt ist allerdings durch eine Konzentration phosphatischer Fischreste (Wirbel etc.) gekennzeichnet („Kloake-/Schlacken“-Horizonte). Uran liegt hier offensichtlich an die phosphatischen Wirbeltierreste angelagert vor.

Stellt man die Kurvenverläufe von Kalium, Uran und Thorium den anderen Datensätzen gegenüber so zeigen sich Übereinstimmungen. Verschlechterte Erhaltungsbedingungen, Sauerstoffverfügbarkeit und Kondensation fallen mit mit der maximalen Anreicherung von Uran zusammen. Insbesondere die Gegenläufigkeit der ansonsten überwiegend parallel verlaufenden Uran- und TOC-Kurve weist für diesen Bereich auf eine 'maximum flooding zone' hin. Kalium und Thorium sind hingegen erwartungsgemäß am stärksten zu Zeiten eines Meeresspiegel-Minimums angereichert. Der sich in allen Parametern widerspiegelnde Verlauf gleicht insgesamt der Meeresspiegelentwicklung nach HALLAM et al. (1988), HALLAM (1992).

Es zeigt sich, dass in marinen Schwarzschieferabfolgen eine Spektral-Gamma Ray Untersuchung ein wertvolles Tool für die sequenzstratigraphische Analyse sein kann. Für eine genaue Interpretation ist es darüber hinaus jedoch wichtig weitere Analyseparameter heranzuziehen.

- ADAMS JOHN, A.S. & WEAVER CHARLES, E. (1958): Thorium to Uranium ratios as indicators of sedimentary processes: Example of concept of geochemical facies. - Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., **42**: 387-430.
- DAVIES, S.J. & ELLIOTT, T. (1996): Spectral gamma ray characterization of high resolution sequence stratigraphy: examples from Upper Carboniferous fluvio-deltaic systems, County Clare, Ireland. - Geol. Soc. Spec. Pub., **104**: 25-35.
- DOVETON, J., H. (1994): Geologic Log Interpretation. - SEPM Short Course, **29**: 33-52.
- FRIMMEL, A. (1998): Hochauflösende Untersuchungen von biomarkern und stabilen Kohlenstoffisotopen des Posidonien-schiefers (Lias ϵ) in SW-Deutschland. - Unpubl. Dipl. Thesis, Universität Tübingen.
- HALLAM, A. (1992): Phanerozoic sea-level changes. - Perspectives in paleobiology and earth history series: 1-266, New-York.
- HAQ, B.U., HARDENBOL, J. & VAIL, P.R. (1988): Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level change. - (In: WILGUS, C.K., HASTINGS, B.S., POSAMENTIER, H., VAN WAGONER, J., ROSS, C.A. & KENDALL, C.H.G. ST. C. Sea-Level Changes - An Integrated Approach), SEPM Spec. Publ., **42**: 71-108.
- PARKINSON, D.N. (1996): Gamma-ray spectrometry as a tool for stratigraphical interpretation: examples from the western European Lower Jurassic. - Geol. Soc. Spec. Pub., **103**: 231-255.
- RÖHL, H.-J. (1998): Hochauflösende paläökologische und sedimentologische Untersuchungen im Posidonien-schiefer (Lias epsilon) von SW-Deutschland. - Tübinger Geowissenschaftliche Arbeiten, Reihe A, **47**: 1-170.
- SCHMID-RÖHL, A. (1999): Hochauflösende geochemische Untersuchungen im Posidonien-schiefer (Lias epsilon) von SW-Deutschland. - Tübinger Geowissenschaftliche Arbeiten, Reihe A, **48**: 1-189.