



Doctoral Thesis

Late jurassic paleoceanography evidence from stable isotopes and carbonate sedimentology

Author(s):

Padden, Maureen

Publication Date:

2001

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004200330> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

DISS. ETH nr. 14094

**Late Jurassic Paleocyanography:
Evidence from Stable Isotopes and Carbonate Sedimentology**

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZÜRICH

for the degree of
Doctor of Natural Sciences

presented by
Maureen Padden
Master of Science, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada

born January 30, 1969
citizen of Canada

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Helmut Weissert

Dr. Hanspeter Funk

Prof. Hugh Jenkyns

examiner

co-examiner

co-examiner

2001

Summary

Stable isotopic records were produced from 12 Upper Jurassic carbonate sections deposited in the Tethys and Atlantic Oceans in depositional environments ranging from restricted/lagoonal to open ocean. The high-resolution carbonate $\delta^{13}\text{C}$ curve can be separated into three main phases: a negative excursion in the middle Oxfordian, positive values throughout the Late Oxfordian and Kimmeridgian with the most positive $\delta^{13}\text{C}$ values occurring in the Late Kimmeridgian and a gradual decline throughout the Tithonian towards the Jurassic - Cretaceous boundary.

The positive $\delta^{13}\text{C}$ excursion discussed in Chapter 2 occurs in the Kimmeridgian and is likely related to higher organic carbon burial rates. Calculating the percentage of Late Jurassic source rocks deposited at any given time produces a strong correlation with the $\delta^{13}\text{C}$ record; the most productive times occur in the Oxfordian and Kimmeridgian. The relatively muted amplitude of the $\delta^{13}\text{C}$ record to such a significant amount of organic carbon burial is likely due to the 'buffering' effect of carbonate production. High sea levels and extensive carbonate producing shelves may have acted as an isotopic balance of organic burial, reducing the expected isotopic excursion.

The Oxfordian $\delta^{13}\text{C}$ negative excursion is examined in detail in Chapter 3. This rapid, widespread excursion is likely due to a massive release of methane hydrate. The opening of a gateway between the ancient Tethys and Pacific Oceans may have triggered such a release. Warm, saline Tethyan water would immediately sink upon entering the Pacific, warming the continental margins of the Americas. Higher temperatures would have destabilized trapped methane and the addition of isotopically light ($\sim -60\text{‰}$) methane into the ocean/atmosphere carbon pool would account for the rapid 3‰ shift recorded in both marine carbonates and marine organic matter.

Chapter 4 examines the potential effect that depositional environment has upon $\delta^{13}\text{C}$ records. A transect along a carbonate ramp from inner platform to purely pelagic

environments revealed that inner platform samples are isotopically depleted by as much as 3 ‰ compared to samples deposited beyond the shelf break. This offset may be related to a lateral evolution of seawater, whereby lighter carbon isotopes become concentrated in the low energy proximal regions due to remineralization of organic matter, rapid calcification and/or freshwater input. The implication of these results is that all records basinward of the shelf break mirror changes in open ocean $\delta^{13}\text{C}$.

Chapter 5 explores the oxygen-isotope stratigraphy of selected sections and the connection with sea level and temperature changes in the Tethyan and neighbouring regions. A comparison of carbonate $\delta^{18}\text{O}$ ($\delta^{18}\text{O}_{\text{carb}}$) records from the unrecrystallized calcite of well-preserved belemnite fossils and bulk carbonate at Auenstein suggests that belemnite habitat was significantly deeper than previously thought and that temperature reconstructions based on belemnite $\delta^{18}\text{O}$ may need to be reexamined.

Bulk carbonate $\delta^{18}\text{O}$ records from the Tethys/Atlantic display anomalously positive $\delta^{18}\text{O}$ values, which produce anomalously low paleotemperatures according to a calcite equilibrium equation. Because faunal distributions clearly indicate warm tropical temperatures and diagenesis would tend to cause a shift of $\delta^{18}\text{O}$ values in the negative direction, the anomalous data cannot be explained by either anomalously low equatorial temperatures or by burial diagenesis. The most likely cause of the enriched $\delta^{18}\text{O}_{\text{carb}}$ values is intense evaporation at low latitudes creating a higher latitudinal $\delta^{18}\text{O}$ gradient in Late Jurassic oceans. A possible implication of these findings is the formation of warm, saline intermediate or deep water during the Late Jurassic.

Zusammenfassung

In Spät-Jurassischen Karbonatserien aus lagunär bis offen marinen Milieus der Tethys und des Atlantiks wurden zwölf stabile Isotopen-Profile gemessen. Die hochauflösende Karbonat- $\delta^{13}\text{C}$ -Kurve weist drei Hauptabschnitte auf: eine negative Exkursion im mittleren Oxford, positive Werte während des Späten Oxford und Kimmeridge mit den positivsten $\delta^{13}\text{C}$ -Werten im Späten Kimmeridge, gefolgt von einem graduellen Abfall gegen die Jura - Kreide Grenze während des Tithons.

Die positive $\delta^{13}\text{C}$ -Exkursion im Kimmeridge ist wahrscheinlich auf erhöhte Vergrabungsraten des organischen Kohlenstoffs zurückzuführen. Die Berechnung der prozentualen Anteile Spätjurassischer Muttergesteine bezüglich der Zeit ergibt eine gute Korrelation mit der $\delta^{13}\text{C}$ -Kurve. Die produktivste Zeit ist während des Oxfords und Kimmeridges. Die geringe Amplitude der $\delta^{13}\text{C}$ -Kurve ist wahrscheinlich auf den "Pufferungseffekt" der Karbonatsedimentation zurückzuführen. Hohe Meeresspiegel und ausgedehnte karbonatproduzierende Schelfe könnten die erhöhte Sedimentation an organischem Kohlenstoff bezüglich der Kohlenstoffisotopen kompensiert und daher die erwartete $\delta^{13}\text{C}$ -Exkursion vermindert haben.

Die negative $\delta^{13}\text{C}$ -Exkursion im Oxford wird in Kapitel 3 detailliert untersucht. Diese kurzfristige, weitverbreitete Exkursion ist wahrscheinlich auf massive Freisetzung von Methanhydraten zurückzuführen. Die Öffnung einer Meeresverbindung zwischen der Tethys und dem Pazifik könnte diese Freisetzung bewirkt haben. Warmes, salines Wasser aus der Tethys wäre beim Einströmen in den Pazifik sofort abgesunken und hätte die Kontinentalränder Amerikas aufgewärmt. Höhere Temperaturen hätten im Sediment enthaltenes Methan destabilisiert und die Zufuhr von isotopisch leichtem Methan ($\sim -60\text{‰}$) in das Kohlenstoff-Reservoir von Ozean und Atmosphäre könnte die schnelle 3‰ -Änderung der $\delta^{13}\text{C}$ -Werte in Karbonaten und marinem organischen Material bewirkt haben.

Kapitel 4 untersucht den potentiellen Einfluss, den das Ablagerungsmilieu einer

Probe auf deren isotopische Zusammensetzung ausübt. Ein Transekt, der sich vom inneren Plattform- bis zum rein pelagischen Bereich erstreckt, deckte auf, dass die $\delta^{13}\text{C}$ -Werte von Proben aus dem inneren Plattformbereich um bis zu 3 ‰ angereichert sind im Vergleich zu Proben, die ausserhalb der Schelfkante abgelagert wurden. Dieser Unterschied dürfte auf eine laterale Entwicklung des Meerwassers zurückzuführen sein, wobei durch die Remineralisierung von organischem Material, durch schnelle Kalzifizierung und/oder durch Süswasserzufuhr die leichten Kohlenstoffisotope in niedrigerenergetischen, proximalen Regionen angereichert werden. Die Folgerung aus diesen Resultaten ist, dass alle Profile ausserhalb der Schelfkante Änderungen im $\delta^{13}\text{C}$ des offenen Ozeans widerspiegeln.

Kapitel 5 behandelt die Sauerstoffisotopen-Stratigrafie ausgewählter Profile und deren Zusammenhang mit Meeresspiegel- und Temperaturschwankungen in der Tethys und daran angrenzenden Regionen. Ein Vergleich von Karbonat $\delta^{18}\text{O}$ -Werten ($\delta^{18}\text{O}_{\text{carb}}$) von nicht rekristallisiertem Kalzit aus gut erhaltenen Belemniten-Rostren mit Gesamtgesteins-Proben zeigt, dass das Belemniten-Habitat signifikant tiefer lag als bisher gedacht und dass Temperatur-Rekonstruktionen, die auf in Belemniten gemessenen Sauerstoffisotopen beruhen, kritisch hinterfragt werden müssen.

$\delta^{18}\text{O}$ -Analysen an Gesamtgesteins-Proben aus Tethys und Atlantik ergeben aussergewöhnlich hohe Werte, die, in eine Kalzitequilibrierungs-Gleichung eingesetzt, unerwartet tiefe Palaeotemperaturen ergeben. Weil die fossile Faunenverteilung jedoch eindeutig auf warme tropische Temperaturen hinweist und diagenetische Vorgänge die Isotopen-Werte in negativer Richtung verschieben würden, können die hohen $\delta^{18}\text{O}$ -Werte weder durch aussergewöhnlich tiefe äquatoriale Temperaturen noch mit Vergrabungsdiagenese erklärt werden. Die wahrscheinlichste Ursache für die hohen $\delta^{18}\text{O}_{\text{carb}}$ -Werte ist intensive Evaporation in tiefen Breiten, die einen stärkeren $\delta^{18}\text{O}$ -Gradient der Jurassischen Meere bewirkte. Eine mögliche Folge dieser Befunde ist die Bildung warmer, saliner Intermediär- oder Tiefenwässer während des Spätjuras.