



# Ozeanische Krisen in den letzten 125 Millionen Jahren

## Was Flachwasserablagerungen berichten

von Jochen Kuss, Christian Scheibner und Jens Wendler  
Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen

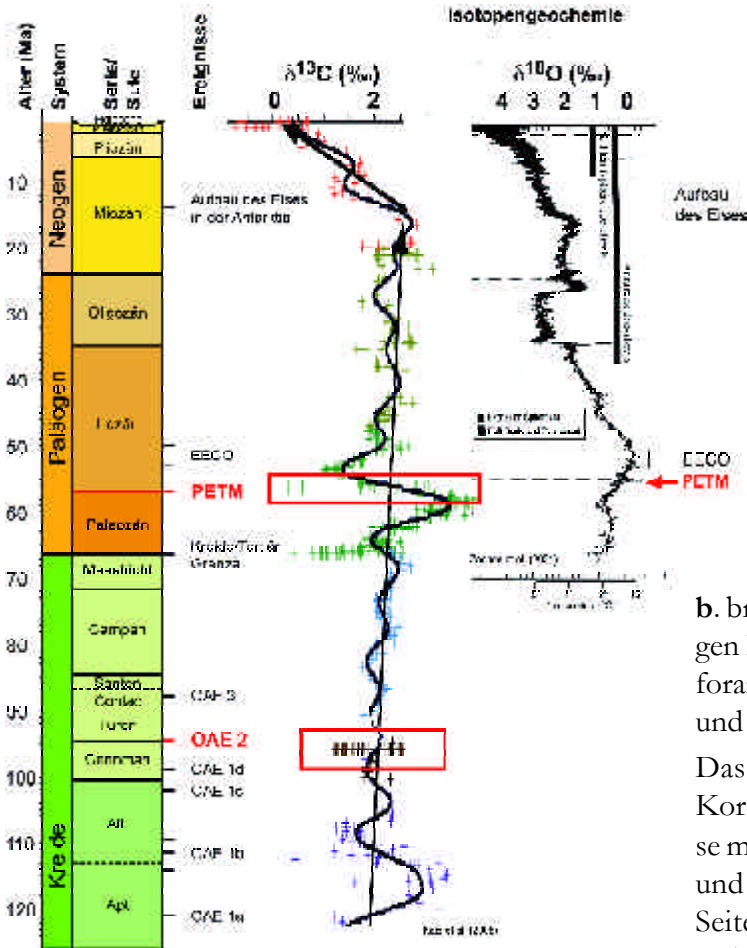
Wadi Mujib, Zentraljordanien

Die Folgewirkungen kurzfristiger geologischer Krisen spiegeln sich während verschiedener Abschnitte der geologischen Überlieferung z.B. in Form von Massenaussterben oder in charakteristischen Meeresbodensedimenten wider. Derartige Ereignisse sind vergleichbar mit heutigen Signalen wie z.B. dem stark erhöhten Artensterben seit dem Erscheinen der Menschen oder den Folgen der Klimaerwärmung. Neben der Ursachenforschung zu ihrer Entstehung sind insbesondere die biologisch-chemischen Parameter vor und während der Krisen bzw. nach Wiederherstellung des ökologisch-biologischen Gleichgewichtes von Bedeutung, da diese Kenntnisse Abschätzungen der Auswirkungen für die heutige Biosphäre bei vergleichbaren Szenarien ermöglichen.

Im Fokus der im Folgenden vorgestellten Untersuchungen an ozeanischen Krisen während der letzten 125 Mill. Jahre (s. Grafik rechts) stehen (1) die Veränderungen der Biosphäre während des Temperaturmaximum an der Wende Paläozän/Eozän (PETM) bzw. (2) Schwarzschiefersedimente der Kreide (ozeanische anoxische Ereignisse: OAE).

### 1 Das Paläozän/Eozän Wärmemaximum (PETM) auf Karbonatplattformen

Das frühe Paläogen (65 Mill. – 50 Mill. Jahre) ist innerhalb des Känozoikums (65 Mill. Jahre bis heute) die Zeitperiode mit der größten langfristigen Erwärmung (Grafik rechts), die durch eine kurzfristige Erwärmung an der Paläozän/Eozän Grenze (vor 55 Mill. Jahren), dem sogenannten PETM (Paläozän/Eozän Temperatur Maximum) überlagert wird. Letzteres stellt eines der spektakulärsten Beispiele für einen rapiden Klimaumschwung in der Erdgeschichte dar. Parallel zur kurzfristigen Temperaturerhöhung von 4° - 5°C in den Tropen bzw. von 8° - 10° in den hohen Breiten verlief eine große negative Kohlenstoffisotopenanomalie, die auf eine dramatische Störung im Kohlenstoffkreislauf hinweist. Sie wurde wahrscheinlich durch Dissoziation von Methanhydraten aus dem Ozeanboden im Zusammenhang mit der Aufwärmung des Tiefenwassers hervorgerufen und ist sowohl in terrestrischen als auch in marinen Systemen nachweisbar.



Zeitskala der letzten 125 Millionen Jahre mit den wichtigsten globalen Ereignissen (links), der Kohlenstoff-Isotopenkurve mit den beiden genauer untersuchten Intervallen des OAE2 und des PETM (Mitte) und der Sauerstoffisotopenkurve für das Paläogen und Neogen (rechts). Die Sauerstoffisotopenkurve spiegelt die Temperaturverteilung der letzten 65 Millionen Jahre wider.

**b.** breitengradabhängige Trends mit Korallen-Algen Riffen in mittleren Breiten und ersten Großforaminiferenbänken mit Miscellanen, Assilinen und Ranikothalien in den Tropen.

Das Stadium **c.** ist durch die Abwesenheit der Korallen-Algen Riffe und durch eine zweite Phase mit Großforaminiferenbänken aus Alveolinen und Nummuliten charakterisiert (Abb. nächste Seite). Zwischen den Stadien **b.** und **c.** liegt das PETM.

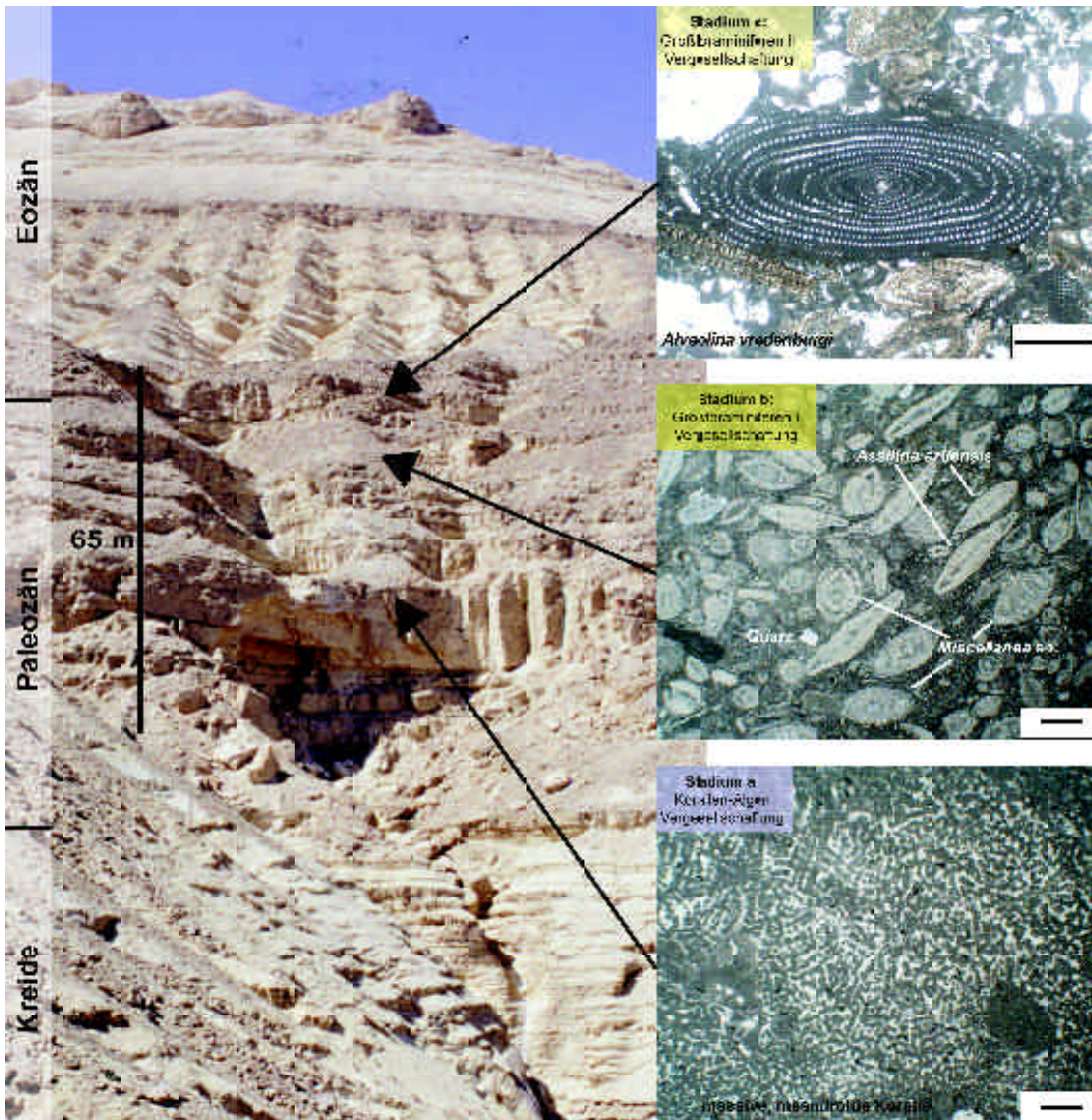
## Plattformsedimente des PETM

Nachdem die stratigraphische Korrelation zwischen Flachmeersedimenten und denen des offenen Ozeans während des PETM erst jüngst zufriedenstellend geklärt wurde, konnten die Auswirkungen des Wärmeereignisses auf die Organismen flacher Karbonatplattformen analysiert werden. Aufgrund der hervorragenden Aufschlußverhältnisse (Abb. nächste Seite) entlang eines Plattform-Becken Transektes ist in Ägypten der genaue Verlauf der Ereignisse vor, während und nach dem PETM auf der Plattform überliefert. Unter Einbeziehung weiterer Studien von Indien bis Marokko und von den Alpen bis nach Somalia sind unterschiedliche Organismenvergesellschaftungen während dreier Plattformstadien (a-c) feststellbar:

**a.** Korallen-Algen Riffe dominieren Breitengrad-unabhängig alle Flachwasserplattformen,

## Ursachen für die PETM Plattformkrise

Als Ursachen für diesen Wechsel der Organismenzusammensetzung im Flachwasser während des PETM ist das Zusammenspiel langfristiger und kurzfristiger Klima- und Umweltveränderungen anzunehmen. Vergleiche mit heutigen Riffen belegen, dass insbesondere die obere Temperatur-Toleranzgrenze von Korallen durch Ausbleichen und folgendes Absterben dokumentiert wird (El Nino Ereignisse). Auf die rapide Temperaturerhöhung während des PETM übertragen bedeutet dies, dass sich die guten Wachstumsbedingungen für Korallen im Stadium a zum Stadium b hin verschlechterten. Die mit Beginn des Stadiums c vermehrt auftretenden Großforaminiferenbänke und das gleichzeitige Fehlen der Korallenriffe belegen einen kurzfristigen Temperaturanstieg, der auch durch erhöhte  $CO_2$ -Einträge in die Atmosphäre und das Meer gekennzeichnet



Geländephoto der Plattformkalke des PETM-Bereichs im Bir Dakhl (Südgalala/ Ägypten) mit den drei

Plattformstadien a, b, c und charakteristischen Organismen-Assoziationen im Dünnschliff (Maßstab: 1mm).

net war. Der evolutive Wechsel innerhalb der Großforaminiferen, mit vorherrschenden Alveolinen und Nummuliten in Stadium c, steht somit in kausalem Zusammenhang mit der raschen Erwärmung während des PETM.

## 2 Plattformkrisen der Levant Plattform (Zentraljordanien) – OAE 2

Während der Kreidezeit lassen sich global äußerst hohe Meeresspiegelstände verzeichnen. Dies hatte weit ausgedehnte Flachmeere zur Folge, in denen sich Karbonatplattformen wie

die Levant Plattform am Nordostrand Afrikas und der arabischen Halbinsel entwickelten. Dabei sind zu verschiedenen Zeiten Krisen in der Plattformentwicklung überliefert. Einerseits bewirkten rasche Meeresspiegelanstiege das temporäre »Ertrinken« solcher Gebiete, zum anderen hatten OAE's Auswirkungen auf die Flachmeere. Dies lässt sich besonders deutlich im OAE 2 an der Cenoman/Turon-Grenze beobachten, mit tonig-mergeligen Sedimenten (Foto und Grafik rechts) und zum Teil erhöhten Gehalten an organischem Kohlenstoff (typische Krisensedimentation). Die OAE 2 – Karbonate



Profil GM 3

der Levant Plattform sind durch eine charakteristische Kohlenstoffisotopenkurve sowie zyklische Schwankungen des Karbonatgehaltes gekennzeichnet (s. Grafik).

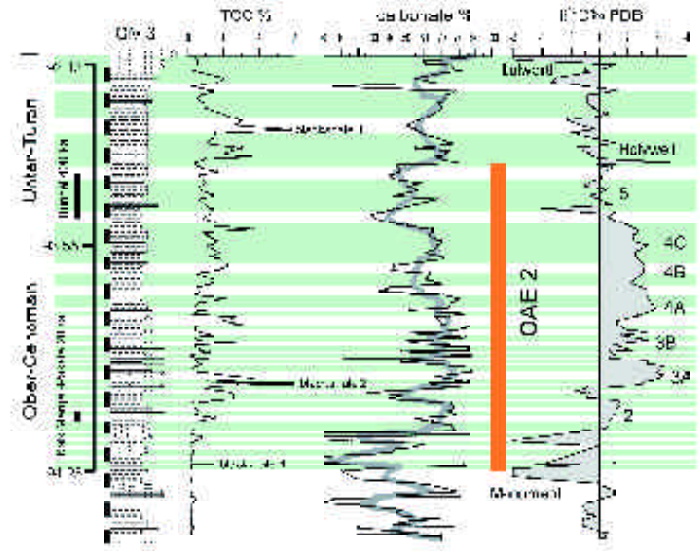
### Isotopendaten

Das OAE 2 umfasst im Bereich der Levant Plattform Zentraljordaniens etwa 25 m mächtige Sedimente mit einer breiten positiven Auslenkung der Kohlenstoffisotopenkurve (s. Grafik). Diese etwa 800.000 Jahre umfassende Gesteinsabfolge kann in 5 Stadien untergliedert werden und ist sehr gut mit dem globalen ozeanischen Signal für diesen Zeitabschnitt vergleichbar. Somit liefern international korrelierbare Peaks sehr genaue Zeitmarken für die Plattformsedimente Jordaniens und ermöglichen zyklostratigraphische Analysen: »Monument« Negativausschlag (94,25 Mill. Jahre), Cenoman/Turon-Grenze (93,55 Mill. Jahre) und »Lulworth« Negativausschlag (92,13 Mill. Jahre).

### Zyklische Abfolgen

Während im unteren Teil des OAE 2 ein hochfrequentes Muster die Steuerung durch den Präzessionszyklus (20.000 Jahre) anzeigt, liegt im oberen Teil der Abfolge eine niedrig-frequente Steuerung vor (400.000 Jahre - Exzentrizitätszyklus). Die Zyklen sind deutlich im Karbonat-

Geländebild mit tonig-mergeligen Sedimenten des OAE2-Intervalls im Wadi Karak (Jordanien). Eingezeichnet ist die Lage des unten dargestellten Detailprofils.



Die  $\delta^{13}\text{C}$ -Kurve für das OAE2-Intervall im Wadi Karak mit der kalibrierten Zeitskala des Cenoman-Turon-Grenzbereichs und charakteristischen Peaks, die direkt vergleichbar sind zu globalen Peaks. Man beachte die unterschiedliche Zeitdauer der Zyklizitäten im Cenoman bzw. Turon.

gehalt der Sedimente erkennbar, zeigen sich aber auch beim Gesamtkohlenstoffgehalt (TOC). Sie spiegeln wechselnde Produktion sowohl von Karbonat als auch von organischer Substanz wider. Während das OAE 2 durch *dysoxische* Verhältnisse gekennzeichnet war, entwickelte sich am Übergang Unter- zu Mitteluron eine *oxische* Fazies, die durch rote Mergel gekennzeichnet ist und zeitgleich global beobachtet werden kann. Somit belegen die untersuchten Abfolgen der Levant Plattform Jordaniens, dass initial ozeanische Signale sowohl dysoxischer als auch oxischer Verhältnisse auch in Flachwasserablagerungen wiedergefunden werden können.

Die Ergebnisse zeigen, dass mit heutigen Verhältnissen vergleichbare plötzliche Klimaveränderungen in der geologischen Vergangenheit u.a. einschneidende Wirkungen auf die Lebewelt in flachen tropischen Gewässern hatten.