

3.4 Ermittlung der Sedimentationsraten

Mit Hilfe der C₁₄-Messungen am Leibniz-Institut für Altersbestimmung in Kiel konnten die Sedimentationsraten in den einzelnen Kernen ermittelt werden. In Tab.4 sind die Ergebnisse aus den C¹⁴-Bestimmungen der einzelnen Proben zusammengefasst.

Tab. 4: Auflistung aller C¹⁴-Datierungsergebnisse aus den einzelnen Kernen, die zugehörige Genauigkeit und Sedimenttiefe. Die Datierungsergebnisse sind auch in Abb. 6 eingetragen.

C ¹⁴ -Ergebnisse Radiokarbonalter in a (BP)			
Tiefenlage (cm)			
KLG 20	12200 ±80 a 185cm		
KL 40	3880 ± 45 a 47cm	15290 ± 110 a 217cm	21640 ± 140 a 589cm
SL 160	9145 ± 30 a 188cm	13345 ± 50 a 302cm	21370 ± 150 a 587cm
KL 29	5420 ± 40 420cm	7215 ± 50 630cm	9245 ± 50 969cm

Die Aschenlagen in Kern KLG 20 und KL 40 dienten ebenfalls als stratigraphischer Markerhorizont. Wulf et al. (2002) konnten anhand geochemischer Analysen die Aschenlage aus den beiden Kernen KLG 20 und KL 40 definitiv dem Santorini Y-2 Ereignis zuordnen. Die genaue Datierung dieses Ereignisses liegt bei 22000 Jahren vor heute.

Die Proben zur C₁₄-Bestimmung wurden gezielt an Übergangsbereichen gewählt, um den Zeitpunkt des Wechsels zwischen den einzelnen Sedimentationsphasen abzuschätzen. Somit konnte die erste Ingression von marinem Ägäiswasser durch das Einsetzen der Sedimentation der karbonatischen Lage (Einheit C) auf 13000 Jahre eingegrenzt werden.

Der Wechsel zu den eher reduzierenden Ablagerungsbedingungen bzw. die Ablagerung der sapropelartigen Lage (Einheit B) geschah im Zeitraum zwischen 11500 Jahren und 7800a.

Über die jeweilige Mächtigkeit der einzelnen Sedimentpakete zwischen den Messpunkten kann man nun auf die gemittelten Ablagerungsrate (S) an den ausgewählten Kernlokalitäten über folgende Beziehung zurückrechnen.

$$S = \frac{T1 - T2}{A1 - A2} \times 1000$$

Dabei sind S die Sedimentationsrate in cm pro 1000a, T1 bzw. T2 die Tiefenlage in cm der älteren bzw. jüngeren Probe und A1 bzw. A2 das C₁₄-Alter der analysierten älteren bzw. jüngeren Probe. Die berechneten Sedimentationsraten sind in Abb.33 graphisch dargestellt:

Sedimentationsraten in KLG 20, KL 40, SL 160, KL 29

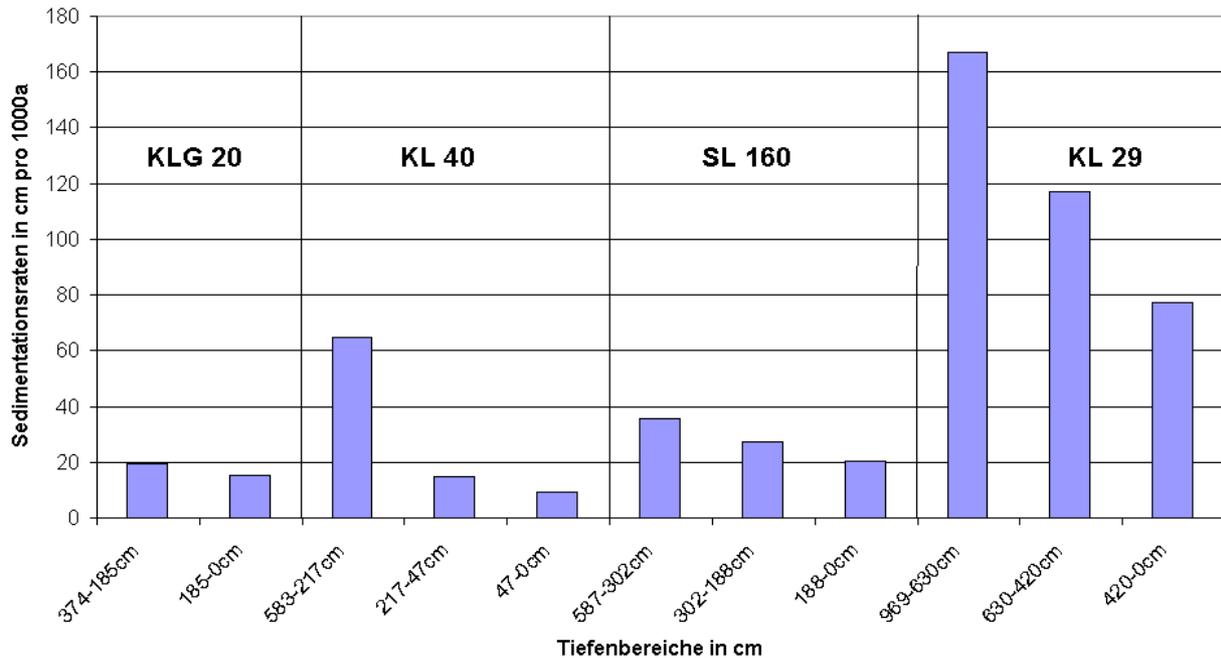


Abb.33: Graphische Darstellung der gemittelten Sedimentationsraten in den einzelnen Kernen.

Die Sedimentationsraten nehmen in allen Kernen kontinuierlich mit abnehmendem Alter ab. Dies hängt wahrscheinlich mit der klimatischen Entwicklung in der Region des Marmarameers zusammen. In Pollenanalysen konnte ein Wechsel von sehr humiden erosionsstarken Bedingungen seit dem Ende des letzten Glazials (~17000 a) zu eher semiariden erosionsschwachen Klimaten festgestellt werden (Roberts et al., 2001; Caner & Algan, 2002). Die Kerne KLG 20 und KL 40 zeigen fast hemipelagische Sedimentationsraten, die im allgemeinen 20cm/1000a nicht überschreiten. Vor allem in Kern KLG 20 ist dies auf dessen Lokation direkt auf einer Push-Up Struktur zurückzuführen, die unbeeinflusst durch extreme Sedimentationsereignisse wie z.B. Trübestrome (Turbidite) ist.

Der erhöhte Wert im unteren Kernbereich in KL 40 wird durch einen Rutschungskörper verursacht, der die Sedimentationsraten fälschlicherweise um ein vielfaches erhöht. Genauere Interpretationen zu diesem Ereignis finden sich in (Kowalski, 2004). Jedoch deuten die Akkumulationsraten in den jüngeren Schichten auch auf im allgemeinen hemipelagische Bedingungen mit Sedimentationsraten unter 18cm pro 1000 Jahre hin.

Kern SL 160 zeigt etwas höhere Sedimentationsraten von bis zu 38cm/1000a (Abb.33). Dieser Kern liegt zwar auf einem Zwischen-Plateau, wird aber aufgrund seiner Tiefe von fast 900m und der Nähe zu einer Hangstruktur wahrscheinlich durch Suspensionsmaterial von abgehenden Turbidite leicht beeinflusst. Einzelne Turbiditlagen konnten jedoch während der makroskopischen Beschreibung und in den Korngrößenanalysen nicht nachgewiesen werden.

Kern KL 29 zeigt mit Abstand die höchsten Sedimentationsraten von bis zu 166cm/1000a (Abb.33). Dieser Kern stammt aus dem tiefen Marmara Becken (1200m Wassertiefe), etwa 1km östlich einer Art Graben-Struktur. Die Lage ist daher sehr stark durch die Aktivität von Turbiditen beeinflusst. Da jedoch die gleiche Tendenz der abnehmenden Sedimentationsraten vorhanden ist, kann man auch hier von einer durchaus kontinuierlichen Ablagerung sprechen.

Aufgrund der C¹⁴-Datierungen können folgende Abschätzungen über die ältesten durchteuften Schichten der einzelnen Sedimentkernen gemacht werden.

Kern KLG 20 erreicht die ältesten Ablagerungen. Die Tiefe der Aschenlage im Bezug zur Gesamtlänge des Kerns lässt auf ein Alter in den untersten Sedimentschichten von etwa 60000 a schließen.

Auch Kern KL 40 beinhaltet bei Annahme einer durchschnittlichen Sedimentationsrate von 18cm pro tausend Jahre knapp 40000 Jahre alte Sedimente. Die Sedimentkerne SL 160 und KL 29 weisen die jüngsten Alter von 23000 a BP bzw. 11000 a BP in ihren Sedimenten auf. Diese Kerne sind aufgrund ihrer hohen Auflösung über die enthaltenen Ablagerungszeiträume umso wertvoller.

3.5 Zyklische Muster innerhalb der Foraminiferen und Korngrößen

Wie bereits in Kapitel 3.3.4 erwähnt sind Besonderheiten im Verteilungsmuster der benthischen Foraminiferenart *Brizalina Alata* in den Kernen KL 40 und SL 160 zu erkennen (Abb.29, Anhang Ausklappseite S.167/168). Auch in den Korngrößenverteilungen sind ähnliche Muster, vor allem in den Fraktionen 70µm und 80 µm vorhanden. Es ist daher sehr wahrscheinlich, dass in beiden Fällen ein Zusammenhang besteht. Möglicherweise sind die Konzentrations-Peaks der Foraminifere *Brizalina Alata* und den gröberen Fraktionen von 70µm und 80µm auf den Einfluss globaler Klimavariationen zurückzuführen.

Aus der Literatur werden in zahlreichen Publikationen verschiedene klimatische Zyklen beschrieben die globale Wetter-Effekte hervorriefen. Diese Zyklen können in unterschiedliche Zeitskalen unterteilt werden.

Milankovitch-Zyklen z.B. sind in vielen verschiedenen Klima-Archiven, wie dem antarktischen Eiskappen oder in See- und Meeressedimenten dokumentiert und treten in einem Rythmus von 20000-100000 Jahren auf (de Menocal, 1995; Petit et al., 1999; Qian & Ricklefs, 2000). Diese großfrequenten Zyklen werden im Zusammenhang mit orbitalen Veränderungen der Erdumlaufbahn um die Sonne und damit von wechselnden Strahlungsintensitäten gesehen. In Phasen hoher Intensitäten herrschte sehr warmes Klima auf der Erde.

Allerdings gibt es auch sehr viel kürzere Zyklen die in Zeiträumen von 2300a, 1750a, 1450a und 1100a vor allem in der jüngeren Erdgeschichte (< 10000a) beschrieben werden (Leuschner & Sirocko, 2003). Diese schneller wiederkehrenden klimatischen Phänomene werden ebenfalls orbitalen Veränderungen der Erde zugerechnet. Es handelt sich dabei um Änderungen der Neigung der Erde zur Sonne. Dabei werden sehr stark die Monsun-Aktivitäten entlang der Wendekreise bzw. ihre Ausbreitung beeinflusst. Vor allem am nördlichen Wendekreis z.B. im Arabischen Meer wurde das durch Leuschner & Sirocko (2003) nachgewiesen. Der Monsun breitet sich demnach im Verlaufe des Paläozäns in regelmäßigen Abständen vom Indischen Ozean bis weit nach Nord-Westen (Arabische Halbinsel, Vorderasien) aus. Dadurch wird das Klima dieser Regionen sehr stark beeinflusst.

3.5.1 Zeitliche Einordnung der Zyklen

Im folgenden Abschnitt wird nun versucht anhand der Foraminifere *Brizalina Alata* und den Korngrößenanomalien, mit Hilfe der berechneten Sedimentationsraten die zyklischen Muster in den Marmarameerkernen in einen zeitlichen Rahmen zu setzen.

Im Kern KL 40 sind die drei Peaks in den Verteilungskurven der Foraminifere *Brizalina Alata* in den Sedimenttiefen von 108cm, 124cm und 144cm, was einem Abstand von 16cm, bzw. 20cm entspricht (Abb.29 u. Anhang Ausklappseite S.167). Leider gibt es im Falle des Kerns KL 40 keine Werte aus den Korngrößenanalysen die denen der Foraminiferen im Bezug auf Sedimenttiefe entsprechen. Dies ist auf die größeren Probennahmeabstände bei der Korngrößenanalyse zurückzuführen.

Zieht man nun die gemittelten Sedimentationsraten aus Kern KL 40 mit heran, so liegen diese im Bereich der Sapropelartigen Lage in denen die zyklischen Muster auftreten bei 15cm pro 1000a (Abb.33). Somit entsprechen die Ablagerungszeiträume der Foraminiferen-Anomalien im Abstand von 1066a (16cm), bzw. 1333a (20cm). Diese Zeitangaben entsprechen aber nur gemittelten Werten, da auch die Sedimentationsraten nur über größere Abstände bedingt durch die C_{14} -Altersdatierungen abgeschätzt werden können. Leicht Ungenauigkeiten bei den Zeiträumen sind daher unvermeidbar.

Im Kern SL 160 liegen die drei Maxima der Foraminiferen in Sedimenttiefen von 173cm, 198cm und 225cm. Vergleichbare Konzentrationssprünge sind in den Korngrößen von bspw. 70 μ m und 80 μ m, die aus den gleichen Sedimenttiefen stammen erkennbar (Abb.30 u. Anhang Ausklappseite S.167/168). Der Abstand zwischen den Peaks entspricht im Kern SL 160 25cm, bzw. 27cm, was beim Abgleich mit den Sedimentationsraten (21cm/1000a für die Probe aus 173cm Sedimenttiefe; 27cm/1000a für die beiden tieferen Proben, vergl. Abb.33) einem Zeitraum von 1190a, bzw. 1000a ergibt. Auch in diesem Kern sind aufgrund der abgeschätzten Sedimentationsraten geringe Ungenauigkeiten zu erwarten.

Dennoch sind die Ergebnisse relativ konstant bezogen auf die Abstände der einzelnen Blütephasen der Foraminifere *Brizalina Alata*, bzw. der Maxima in den Korngrößenverteilungen. Die zyklischen Muster in den oberen Bereichen der sapropelartigen Lage Einheit B in den Kernen KL 40 und SL 160 stimmen demnach sehr gut mit den von Leuschner & Sirocko (2003) angegebenen Zyklen der Monsun-Intensivierung im Vorderasiatischen Raum von 1100a und 1450 a überein.

Der Zusammenhang dieser Phänomene liegt deshalb äußerst wahrscheinlich in den klimatischen Veränderungen. Erhöhte Niederschlagsraten führen zu einem stärkeren fluvialen Eintrag in das Marmarameer. Dadurch wird das Nährstoffangebot im Oberflächenwasser erhöht, was wiederum die Bioproduktivität intensiviert. Durch den darauffolgenden zunehmenden Eintrag von organischem Material verändern sich auch die Tiefenwasserbedingungen hinsichtlich des Sauerstoffgehaltes, was wiederum Einfluss auf die Lebensbedingungen am Meeresgrund hat. Die „Blütephasen“ der benthischen Foraminifere *Brizalina Alata*, die sehr sauerstoffarme Bedingungen bevorzugt und der erhöhte Anteil größerer Kornfraktionen können stehen somit im Zusammenhang.