

# Rekonstruktion der paläozeanographischen Entwicklung des Marmarameers anhand multipler Analyseverfahren

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades in den Naturwissenschaften  
Eingereicht am Fachbereich Geowissenschaften der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Thomas Reichel

2004

Gutachter:

Prof. Dr. Peter Halbach  
Freie Universität Berlin

PD Dr. habil. Andrea Koschinsky  
International University of Bremen

**Datum der Disputation: 08.03.2004**

## *Danksagung*

Die hier vorliegende Arbeit wurde im Rahmen eines von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Projektes am Fachbereich Geowissenschaften, Institut für Geochemie, Hydrogeologie und Mineralogie angefertigt. Das Thema der Arbeit wurde durch Herrn Prof. Dr. P. Halbach angeregt, dem mein besonderer Dank gilt für die fachliche Betreuung während der letzten drei Jahre. Ebenso danke ich vor allem Frau Dr. habil. Andrea Koschinsky, die als zweite Gutachterin tätig war, für ihre hilfreichen Tipps und Anregungen.

Weiterhin möchte ich mich auch ganz herzlich bei all denjenigen bedanken, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. Dazu gehören vor allem Prof. Dr. Christoph Heubeck, Dr. Bernhard Pracejus, und Dr. Erio Rahders, die mir während zahlreicher fruchtbarer Diskussionen durch ihre fachliche Kompetenz Anregungen geben konnten. Danke auch an Prof. Dr. Rolf Karbach für das Korrekturlesen einer früheren Version. Auch möchte ich mich bei meinem Zimmer-Genossen Slawomir Kowalsky bedanken, der mir oftmals in vielen Situationen hilfreich zur Seite stand.

Dank gilt auch den verschiedenen Institutionen vom Institut für Ostseeforschung über das GFZ in Potsdam, bis hin zur Universität Tübingen, die zum reibungslosen Ablauf vieler Probenentnahmeaktionen und spezieller Analysen beigetragen haben.

Nicht zuletzt möchte ich mich am allermeisten bei meinen Eltern bedanken, deren aufmunternde Worte und finanzielle Unterstützung mir in vielen Situationen ungemein halfen. Großer Dank gilt auch meiner Freundin Nina, die mich jederzeit liebevoll und engagiert während der Jahre an dieser Arbeit begleitet und motiviert hat.

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft förderte dieses Projekt im Rahmen des Schwerpunkt Programms „Auswertung von Meteor-Expeditionen“ unter dem Aktenzeichen HA-563-34/1 und 34/2; auch hierfür bedanke ich mich.

In der vorliegenden Arbeit wurden folgende Abkürzungen verwendet:

a	Jahre
NASZ	Nord-Anatolische-Störungszone
m	Meter
n	Anzahl der verwendeten Werte
C <sub>ges</sub>	Gesamt-Kohlenstoff, organischer und karbonatischer Herkunft
C <sub>org</sub>	organischer Kohlenstoff
C <sub>carb</sub>	karbonatischer Kohlenstoff
C <sub>bio</sub>	biogen gebildeter Kohlenstoff
C <sub>org terr.</sub>	organischer Kohlenstoff durch terrestrischen Eintrag, bsp. Landpflanzen
S <sub>ges</sub>	Gesamtschwefel
S <sub>pyr</sub>	Pyritschwefel
S <sub>elm</sub>	elementarer Schwefel
S <sub>mon</sub>	Monosulfidschwefel
mV	Milli-Volt
GPS	global positioning system
N	Nord
S	Süd
W	West
E	Ost
Gew. %.	Gewichtsprozent des jeweiligen Elements

## ***Inhaltsverzeichnis***

1	Einleitung.....	7
1.1	Zielsetzung.....	7
1.2	Ozeanographie des Marmarameeres .....	8
1.3	Tektonischer Überblick.....	9
1.4	Geologisch-Paläozeanographische Entwicklung > 25000a .....	12
1.5	Geologisch-Paläozeanographische Entwicklung < 25000a .....	14
2	Methodik.....	17
2.1	Lokalität.....	17
2.2	Probennahme an Bord und im Labor .....	18
2.3	Geochemie.....	19
2.3.1	RFA-Röntgenfluoreszenzanalyse.....	19
2.3.2	ICP-AES/AAS-Analyse.....	20
2.3.3	C <sub>14</sub> -Datierung.....	20
2.3.4	C-/C <sub>org</sub> /S-Gehalt-Bestimmung.....	21
2.3.5	Mineralogie.....	22
2.3.6	Rasterelektronenmikroskopie.....	22
2.3.7	Mikropaläontologie.....	22
2.3.8	Korngrößenanalyse.....	23
2.3.9	Statistische Auswerteverfahren.....	23
3	Ergebnisse.....	24
3.1	Einteilung der Kerne .....	24
3.2	Geochemische Untersuchungen.....	27
3.2.1	C <sub>org</sub> -, C <sub>carb</sub> - S-Gehalte.....	27
3.2.1.1	Organischer Kohlenstoff - C <sub>org</sub> .....	27
3.2.1.2	Karbonatischer Kohlenstoff.....	27
3.2.1.3	S-Konzentrationen.....	28
3.2.2	Geochemische Untersuchungen der Haupt- und Spurenelemente.....	30
3.2.2.1	Konzentrationen der Hauptelemente Al, Si, Ti, Ca, Mg, Fe und Rb.....	31
3.2.2.2	Konzentrationen der Neben- und Spurenelemente.....	35
3.3	Mineralogie.....	42
3.3.1	Röntgendiffraktometrie.....	42
3.3.2	Mikroskopie.....	44
3.3.3	Verteilung der Korngrößen und Zusammensetzung der Fraktionen.....	47
3.3.4	Verteilungsmuster der benthischen Foraminiferen.....	48
3.3.4.1	Vergleichbare Arbeiten über benthische Foraminiferen aus dem Marmarameer..	50
3.3.4.2	Unterteilung der betrachteten benthischen Foraminiferen.....	50
3.3.5	Ergebnisse der Auszählung der benthischen Foraminiferen .....	50
3.3.5.1	Kern KL 40.....	51
3.3.5.2	Kern SL 160.....	52
3.3.5.3	Kern KL 29.....	52
3.3.5.4	Berechnung der Sauerstoffgehalte im Tiefenwasserkörper.....	55
3.4	Ermittlung der Sedimentationsraten.....	58
3.5	Zyklische Muster innerhalb der Foraminiferen und Korngrößen.....	60
3.5.1	Zeitliche Einordnung der Zyklen.....	61
3.6	Berechnung des C <sub>org</sub> -Flusses.....	62

3.7	Statistische Auswertung.....	63
3.7.1	Gruppe (1) terrigener Faktor .....	64
3.7.2	Gruppe (2) organischer Faktor.....	64
3.7.3	Gruppe (3) karbonatischer Faktor.....	65
3.7.4	Gruppe (4) mafischer Faktor .....	65
3.8	Porenwasserdaten.....	67
3.9	Diskussion der Ergebnisse.....	70
3.9.1	Einleitung.....	70
3.9.2	Zusammenfassung des geochemischen Haushalts der Sedimente.....	70
3.9.2.1	Primäre Signale.....	70
3.9.2.2	Sekundäre Signale.....	71
3.9.3	Diskussion der geochemischen Daten.....	73
3.9.3.1	Terrigene Gruppe.....	73
3.9.3.2	Organische Gruppe .....	74
3.9.3.3	Karbonatische Gruppe.....	75
3.9.3.4	Mafische Gruppe.....	76
3.9.4	Mangan.....	80
3.9.5	Barium.....	81
3.9.6	Entstehung von sulfidreichen Horizonten, Pyrit.....	81
3.9.6.1	Framboidaler Pyrit.....	83
3.9.6.2	Pyritbildung in den Sedimenten des Marmarameeres.....	84
3.9.7	Die sapropelartige Lage.....	87
3.9.8	Genese der karbonatreichen Lage Einheit C.....	89
3.9.8.1	Grundlagen der $\delta^{18}\text{O}$ und $\delta^{13}\text{C}$ Isotopie in Karbonate.....	90
3.9.8.1.1	Sauerstoffisotopie.....	90
3.9.8.1.2	Kohlenstoffisotopie.....	91
3.9.8.2	Diagenetische Fällung von Kalzit in der Sedimentsäule.....	91
3.9.8.3	Modellierung zur Entstehung der karbonatreichen Lage.....	92
3.9.8.3.1	Model Set-Up.....	92
3.9.8.3.2	Ergebnis der Modellierung.....	94
4	Zusammenfassung.....	98
5	Entwicklung eines paläozeanographischen Modells für das Marmarameer.....	100
6	Literaturverzeichnis.....	106
7	Anhang.....	118