

## 2 Methodik

### 2.1 Lokalität

Die Untersuchungen für diese Arbeit konzentrierten sich vorwiegend auf 4 Sedimentkerne aus dem Marmarameer. Drei dieser Kerne (KLG 20, KL 40, KL 29) wurden während der Forschungsfahrt M 44/1 mit Kolbenloten (1999) und Kern SL 160 während M 51/3 (2001) mit einem Schwerelot gewonnen (Abb. 4 und 5).

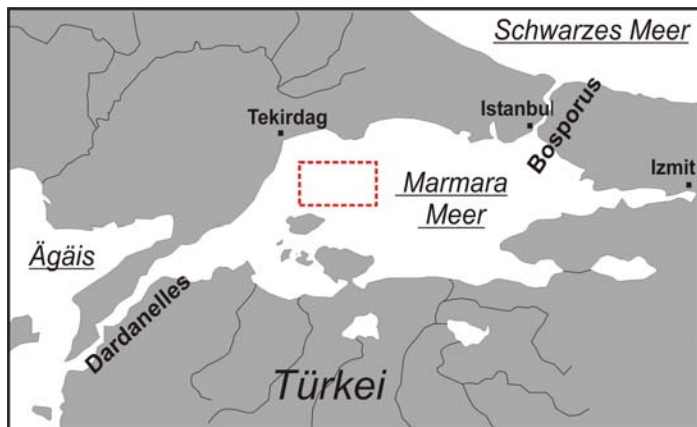
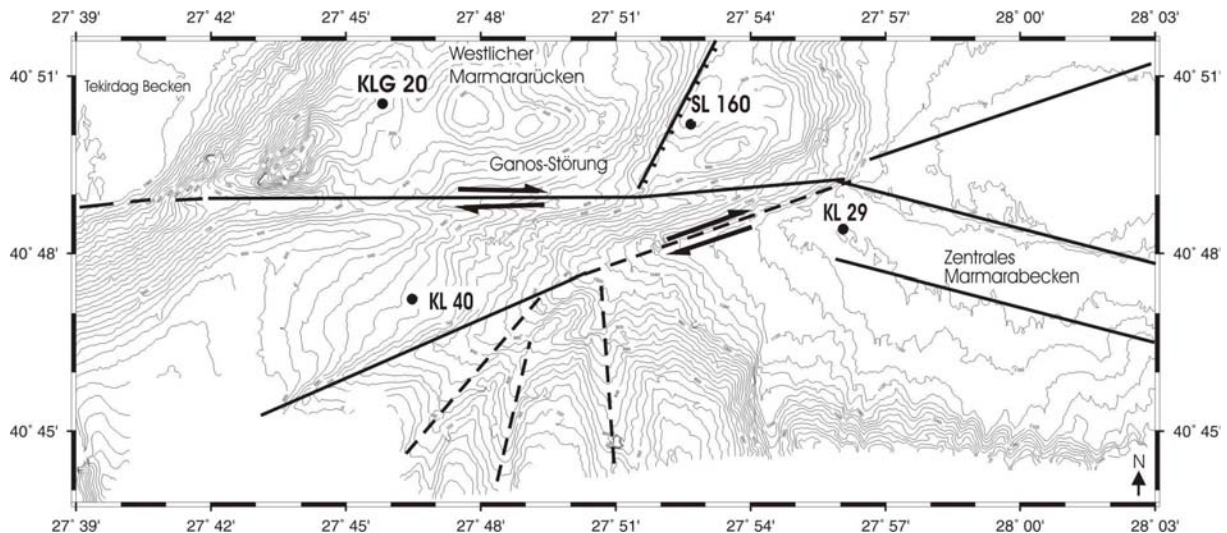


Abb. 4: (links) Übersichtskarte zum Marmarameer. Umrandet ist das Arbeitsgebiet, aus dem die bearbeiteten Kerne stammen.

Abb. 5: (unten) Bathymetrische Detail-Karte des Arbeitsgebiets inklusive der strukturellen Interpretation (verändert aus Inthorn, 2000)



Zur Bestimmung der genauen Probenahmelokationen wurde während der Fahrt M44/1 eine detaillierte bathymetrische Karte (im Maßstab 1:10000) vom Arbeitsgebiet im westlichen Marmarameer erstellt. Teile des angrenzenden Tekirdag-Beckens, der westliche Marmararücken („westl. Push-Up“) und große Bereiche des zentralen Marmara-Beckens wurden durch das hydroakustische Fächerlotsystem „Hydrosweep“ in Verbindung mit dem Sedimentecholotsystem „Parasound“ kartiert (Inthorn, 2000a; Inthorn, 2000b).

Kern KLG 20 wurde auf einer sog. Push-Up Struktur genommen. Die Wassertiefe an dieser Lokation betrug 566m. Aufgrund der sehr erhöhten Lage ist hier ein hemipelagischer Sedimenttypus zu erwarten, der keinerlei Einfluss durch Turbiditströme etc. zeigt.

Kern KL 40 stammt von einer Hangstruktur aus 703 m Wassertiefe. Der Kern zeichnet sich durch seine sehr sensitive Lage nahe zu Teilen der aktiven Ganos-Störung aus und sollte

demnach den direkten Einfluss von Turbidit-Strömen oder anderen größeren Sedimentumlagerungen abschätzen lassen (Kowalski, 2004).

Kern SL 160 wurde an einem tiefer gelegen Plateau des submarinen Push-Ups gezogen (890m Wassertiefe). Auch in diesem Kern sind hemipelagische Sedimente zu erwarten, die aber aufgrund der etwas anderen bathymetrischen Position eine höhere Sedimentationsrate aufweisen als z.B. KLG 20.

Kern KL 29 stammt schließlich aus den tiefsten Bereichen des Arbeitsgebietes, dem zentralen Marmara-Becken (1222m Wassertiefe). Die Ablagerungen sind daher durch relativ hohe Sedimentationsraten von bis zu 1m pro 1000a gekennzeichnet.

Alle bearbeiteten Kerne repräsentieren daher unterschiedliche Ablagerungs-Bereiche. Der Vergleich der gewonnenen Daten lässt somit Rückschlüsse auf die verschiedenen Ablagerungsprozesse zu, verdeutlicht die variierende Intensität diagenetischer Vorgänge und zeigt den möglichen Einfluss tektonischer Aktivität.

## ***2.2 Probennahme an Bord und im Labor***

Die Sedimente aus dem Marmarameer wurden mit einem Kolbenlot bzw. einem Schwerelot geborgen. Das Kolbenlot besteht aus einem Voreillot, einer Ausklinkvorrichtung und dem eigentlichen Kolbenlot, welches aus einem Stahlrohr mit eingesetztem Plastikliner, einer Krone mit einem Kernfänger und einem ca. 1t schweren Gewichtsteil zusammengesetzt ist. Das Voreillot löst bei Bodenberührung den Ausklinkmechanismus aus, der das Kolbenlot die letzten Meter vor dem Meeresboden in den Freien Fall in der Wassersäule auslässt. Das schwere Kolbenlot bohrt sich schließlich in das weiche Sediment. Innerhalb des Plastikliners läuft ein Doppelkolben, der einen Unterdruck im Liner erzeugt. Dadurch entsteht ein Sog, der das Sediment in das Plastikrohr einsaugt. Mit dieser Methode können teilweise sehr lange Sedimentkerne gezogen werden (bis zu 15m je nach Beschaffenheit des Sediments), die weitaus länger sind als bspw. Kerne durch Schwerelote. Außerdem ist die Wahrscheinlichkeit ungestörtes Sediment zu gewinnen deutlich höher, da ein Nachsacken der Rohrfüllung durch den Unterdruck im Lot meistens verhindert wird. Kern SL 160 wurde mit einem Schwerelot gewonnen. Dieses Gerät besitzt keinen im Liner verlaufenden Kolben und auch keine Voreillot-Vorrichtung, sondern rammt sich nur mit dem eigenen Gewicht senkrecht in das Sediment. Ein stabiler Kernfänger verhindert das Nachsacken der Sedimentfüllung beim Hiev-Prozess.

Alle Kerne wurden noch an Bord der FS Meteor in 1 m lange Sektionen zerteilt, mit Deckeln verschlossen und in einem Kühlraum (+4°C) bis zur weiteren Bearbeitung in den heimatischen Labors gelagert. Lediglich Kern KLG 20 wurde bereits an Bord des Schiffes mit Hilfe einer Kernsäge zur ersten Sedimentansprache geöffnet, sämtliche anderen Kerne wurden erst an Land bearbeitet.

Kurz nach der Öffnung der Kerne wurde eine erste Farbbestimmung der Sedimente mit Hilfe der Eijkelkamp Standart Soil Chart (1991) gemacht.

Kern KL 40, KL 29 wurden zusätzlich mit einem Minolta-Photometer (XS 2000 Hyperslide doc) im Labor gescannt. Dabei werden die Lichtreflexionen nach einem Blitzimpuls gemessen. Die sehr sensitive Photodetektorzelle und der integrierte Prozessor bestimmen durch die Reflexion des Blitzimpulses vom Sediment äußerst genau die unterschiedlichen Blau-, Rot, und Gelbwerte.

Dieses Gerät ermöglicht somit eine äußerst präzise Bestimmung von leichten Farbänderungen, die mit dem bloßen Auge niemals möglich wären. (s. Anhang, S. 136)

Ebenfalls wurden Smear Slides zur Identifizierung charakteristischer lithologischer Grenzen und deren Sedimentbeschaffenheit erstellt (z.B. gröbere Lagen, Aschenlagen).

Anschließend wurden die Kernsektionen fotografiert und letztlich für die geochemischen Analysen mit Einmalspritzen aus Kunststoff im Abstand von 5–10cm beprobt. Zusatzproben wurden an lithologischen Grenzen und an auffälligen Sedimentstrukturen entnommen.

Zur Korngrößenbestimmung mit Hilfe des Lasergranulometers erfolgte zusätzlich eine Beprobung im Abstand von 5 bis 30cm aus den Kernen KL 40, SL 160 sowie KL 29. Hierbei wurde der geringste Probennahmeabstand (5-10cm Abstand) dort gewählt, wo eventuelle klimatologische Einflüsse (z.B. erhöhter Sedimenteintrag durch abschmelzende Gletscher nach der letzten Eiszeit oder Perioden mit erhöhten Niederschlagsmengen) knapp vor, während und nach der Sapropelentstehung zu erkennen sind. Die Ablagerungen aus älteren lakustrinen Bedingungen wurden nur zur Übersicht grob (30cm Abstand) beprobt.

Die Beprobungskampagne zur Rekonstruktion der mikropaläontologischen Entwicklung erfolgte erst nach den geochemischen und sedimentologischen Untersuchungen. Dabei wurde Kernmaterial aus den sapropelartigen Ablagerungen des Kerns KL 40 im 2cm Abstand entnommen. Dieser Kern zeigt Sedimentationsraten von ca. 20cm pro 1000a (s. Kap. 3.4), dadurch sind Veränderungen der mikropaläontologischen Zusammensetzung im Zeitraum von 100 Jahren aufgelöst.

In Tabelle 3 sind Probenanzahl, die unterschiedlichen Methoden und deren Zielsetzung dargestellt.

*Tab.3: Übersicht zu den angewendeten Untersuchungsmethoden sowie der Probenzahl aus den jeweiligen Kernen*

Untersuchungsgegenstand	Analyseverfahren	Kern KLG 20 (Push-Up)	Kern KL 29 (Zentrales Marmara-Becken)	Kern KL 40 (Hang-Struktur)	Kern SL 160 (tieferes Plateau)
C <sub>org</sub> , C <sub>gesamt</sub> , S	LECO-Analysegerät	128	97	78	70
Mineralogie	RDA, REM-EDAX	21	25	15	15
Mn, Ba, Sr, Ti, Ni, Mo, V, Zn, Zr, V, Cr, Cu, Al, Fe, Mg, Ca	RFA, ICP-AES	128	97	78	70
Co, Cd, As, Sb, Ni, Cu	AAS	128	97	78	70
Altersbestimmung	C <sup>14</sup> -Datierung	1	3	3	3
Korngrößen	Laser-Granulometer	-	58	25	30
Benthische Foraminiferen	Auszählverfahren	-	31	110	47

## 2.3 Geochemie

Für sämtliche geochemische Analysen wurde das entnommene Probenmaterial bei 50° C in einem Trockenofen 24h getrocknet und anschließend mit Hilfe eines Achatmörser bzw. einer Achat-Satellitenmühle zermahlen und homogenisiert. Das resultierende Probenpulver diente als Grundstoff für RFA, ICP-AES, AAS, LECO und RDA-Analysen.

### 2.3.1 RFA; Röntgenfluoreszenzanalyse

Für die Analyse der Haupt und Spurenelementgehalte wurden Schmelz- und Pulvertabletten aus den Proben der Kerne KLG 20 und SL 160 hergestellt.

Für die Bestimmung der Hauptelemente werden Schmelztabletten hergenommen. Sie haben den Vorteil, dass keine Matrix- und Textureffekte auftreten; allerdings erfordern sie einen relativ hohen Material- und Zeitaufwand und besitzen höhere Nachweisgrenzen. Für die

Umrechnung der Elementkonzentrationen auf die Summe von 100% ist zusätzlich die Bestimmung des Glühverlustes notwendig. Dazu werden die Proben in Porzellantiegel eingewogen und bei 1000°C für eine Stunde geglüht.

Die Messung an Pulvertabletten ermöglicht die schnelle Analyse von bis zu 40 chemischen Elementen. Nachteil der Pulverpräparate ist jedoch das Auftreten von möglichen Matrixeffekten. Die Kalibrierung der Analytik erfolgte gegen interne Standards, deren Konzentrationen in internationalen Ringversuchen zertifiziert wurden (mdl. Mitt. Dr. Matheis/TU Berlin, Dr. Naumann/GFZ-Potsdam).

Für die Ermittlung der Genauigkeit der Messungen wurden Analysen des Sedimentstandards PACS-1 (NRC Canada) durchgeführt, für die Bestimmung der Reproduzierbarkeit Mehrfachmessung einiger Proben vorgenommen.

Die Genauigkeit der Messungen liegt bei den meisten Elementen bei  $\pm 5\%$ . Die Reproduzierbarkeit der Messungen beträgt für die meisten Haupt- und Nebenelemente  $\pm 7\%$ . Im Anhang wird der Messbereich für die einzelnen Elemente angegeben.

### 2.3.2 ICP-AES/AAS-Analyse

An den Kernen KL 40 und KL 29 erfolgten die geochemischen Analysen durch Atomemissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-AES) bzw. durch Atomadsorptionsspektroskopie (AAS). Anhand dieser Methoden ist es möglich einige Ergebnisse der anderen beiden Kerne (KLG 20, SL 160) aus den RFA Analysen zu vergleichen bzw. zusätzliche Spurenelementgehalte wie Sb, Cd zu bestimmen.

Bei der ICP-AES-Methode wurden 100mg Probenmaterial eingewogen und mit einem Säure-Druckaufschluß (1 ml HF, 3 ml HCL, 1 ml HNO<sub>3</sub>) bei 180° über 8-12 Stunden aufgeschlossen. Nach dem Abrauchen wurde der Rückstand zweimal mit 1:1 verdünnter HCL aufgenommen und abgeraucht. Schließlich wurde die Lösung mit 0,5 M HCl in 100ml PE-Flaschen überführt (Heinrichs & Herrmann, 1990). Die Messung erfolgte an einem Leeman Labs Inc. Modell PS 1000. Die Spurenelemente Cd und Co wurden an der gleichen Druckaufschlußlösung mit einem Graphitrohr-AAS (Perkin-Elmer Zeeman/3030) gemessen. Bei der AAS-Methode mit Hydridtechnik erfolgt ein Kalt-Aufschluss von etwa 1gr Probensubstanz. Das Material wird dabei in einem Becherglas mit Hilfe von Magnetrührern 24h in einer Königswasserlösung (3:1; HCl:HNO<sub>3</sub>) in Bewegung gehalten. Anschließend wird die Probe in 50 ml Kolbengläser überführt und so lange gewartet, bis sich das Restmaterial abgesetzt hat. Erst dann kann man die klare Lösung abpipettieren und in PE-Flaschen überführen. Die Messungen der Kaltaufschlussproben erfolgten an einem Perkin-Elmer AAS-2100 mit Hydrid Technik.

Die Messgenauigkeit zu den beiden gerade beschriebenen Verfahren wurde durch Doppel- und Standardmessungen (PACS-1 NRC Canada) überprüft und liegt bei den Hauptelementen generell bei  $\pm 7\%$ , bei den Spurenelementen um  $\pm 4\%$ .

### 2.3.3 C<sub>14</sub>-Datierung

Zur zeitlichen Einordnung verschiedener stratigraphischer Marker (Aschenlage, Beginn und Ende der Sapropelablagerung) wurden am Leibniz-Labor für Altersdatierung C<sub>14</sub>-AMS (Accelerator Mass Spectrometry) Messungen durchgeführt (Nadeau et al., 1997). Die Messungen erfolgten hierbei am organischen Kohlenstoff im Gesamtsediment.

Die  $C_{14}$ -Altersbestimmung konnte nicht an Karbonatschalen von Foraminiferen oder Muscheln durchgeführt werden, da deren Anzahl in den Sedimentkernen oft nicht ausreichte bzw. keine homogene Verteilung vorlag.

Es lässt sich daher nicht ausschließen, dass älteres organisches Material aus terrestrischer Herkunft die  $C_{14}$ -Alter der Sedimentproben leicht beeinflusst. Die Bestimmung einer Aschenlage in Kern KLG 20 und KL 40, die aufgrund geochemischer Analysen definitiv dem Santorini Y2 Event (22ka BP) zugeordnet wird, gab jedoch eine hervorragende Kontrolle zur Genauigkeit der Datierungen. Eine Sedimentprobe aus dem Kern KLG 20, knapp unterhalb der Aschenlage, wurde am Leibniz-Labor auf 21760a ( $\pm$  120a) BP datiert, was sehr gut mit dem Alter der Aschenlage von 22000a BP übereinstimmt.

Vor der Messung wurden die Proben unter dem Mikroskop auf Verunreinigungen kontrolliert. Sie wurden dann mit 1 % HCl, 1 % NaOH und wieder 1 % HCl bei 60 °C extrahiert. Die Verbrennung erfolgte bei 900 °C in einer mit CuO und Silberwolle gefüllten Quarzampulle. Das entstandene  $CO_2$  wurde dann mit  $H_2$  bei 600 °C über einem Eisen-Katalysator zu Graphit reduziert und das Eisen-Graphit-Gemisch in einen Probenhalter für die AMS-Messung gepresst.

Die  $^{14}C$ -Konzentration der Proben ergeben sich aus dem Vergleich der simultan ermittelten  $^{14}C$ ,  $^{13}C$  und  $^{12}C$  Gehalte mit denen des  $CO_2$ -Meßstandards (Oxalsäure II) sowie geeigneter Nulleffekts-Proben. Das konventionelle  $^{14}C$ -Alter berechnet sich anschließend nach einer Korrektur auf Isotopenfraktionierung anhand des  $^{13}C/^{12}C$ -Verhältnisses. Dieser  $\delta^{13}C$ -Wert enthält auch die Effekte der während der Graphitisierung und in der AMS-Anlage auftretenden Isotopenfraktionierung und ist deshalb nicht direkt vergleichbar mit  $\delta^{13}C$ -Werten, die in einem  $CO_2$ -Massenspektrometer gemessen werden. Die Unsicherheit im  $^{14}C$ -Ergebnis berücksichtigt Zählstatistik, Stabilität der AMS-Anlage und Unsicherheit im subtrahierten Nulleffekt. Die Übersetzung in das konventionelle Alter der Proben erfolgte mit „CALIB rev 4.3“ (Stuiver et al., 1998).

#### 2.3.4 $C$ -/ $C_{org}$ -/ $S$ -Gehalt-Bestimmung

Zur Bestimmung des Gehalts an organischem und anorganischem Kohlenstoff sowie des Gesamtschwefels wurde ein LECO CS-225 Kohlenstoff- und Schwefelanalysator benutzt.

Die abgewogene Probe (100-200mg) wird hierbei in einem Hochfrequenz-Induktionsofen mit jeweils ca. 1gr einer Wolframlegierung, Reineisen- sowie Zinnspänen als Verbrennungsbeschleuniger bei etwa 1100°C verbrannt. Aus den Verbrennungsgasen wird zunächst durch Anhydron die Feuchtigkeit entfernt. Dann werden sie durch einen Katalyseofen geleitet, wo Kohlenmonoxid zu Kohlendioxid oxidiert wird.  $SO_3$  wird in einer Schwefel-Zelle aufgefangen und gemessen, während der Kohlenstoff als  $CO_2$  in eine andere Infrarot-Zelle geleitet wird. In den jeweiligen Zellen verursacht das  $CO_2$  bzw.  $SO_3$  eine Abschwächung der Infrarotstrahlung, die gemessen und entsprechend der Einwaage mit Hilfe von Kalibrierungsfaktoren in der Rechner-Einheit in den Kohlenstoff- bzw. Schwefelgehalt umgerechnet wird.

Das LECO-Gerät kann nur den Gesamtkohlenstoffgehalt messen und nicht zwischen anorganischem und organischem Kohlenstoff ( $C_{org}$ ) unterscheiden. Daher ist es zur Bestimmung des  $C_{org}$  notwendig, alle Proben zusätzlich vor der Messung zu dekarbonatisieren (Heinrichs & Herrmann, 1990).

Dafür wurde das Probenmaterial zuerst in die Porzellantiegel eingewogen. Unter einem Abzug erfolgte schließlich die tropfenweise Zugabe von 10%iger HCl, bis die Proben keine Aufschäumreaktionen mehr zeigten. Anschließend wurden die Tiegel bei 50°C nochmals für

24 h getrocknet und dann am LECO-Analyzer, nach der Zumischung der Zuschlagstoffe (s.oben) gemessen. Es ist allerdings noch notwendig eine Chloridfalle in den Messkreislauf einzubauen, da die bei der Verbrennung nun zusätzlich freiwerdenden aggressiven Chlor-Gase sonst die Messung stören bzw. die IR-Messzellen schnell korrodieren.

Der vom Gerät angegebene  $C_{\text{org}}$  Gehalt kann nun vom  $C_{\text{ges}}$  abgezogen werden und ergibt somit den Karbonatkohlenstoffgehalt  $C_{\text{carb}}$ .

Dieser  $C_{\text{carb}}$ -Wert wird anschließend mit dem Faktor 8,333 (Verhältnis der Molmassen von  $\text{CaCO}_3$  und C) multipliziert und ergibt den  $\text{CaCO}_3$ -Gehalt der Probe.

Die Genauigkeit der C-/ $C_{\text{org}}$ -S- Messungen wurden durch Doppel- und Standardmessungen überprüft. Der Fehler liegt bei C-/ $C_{\text{org}}$  bei weniger als 3 % und bei Schwefel bei max. 5 %.

### 2.3.5 Mineralogie

Der Mineralinhalt wurde analytisch durch Röntgendiffraktometrie (RDA) analysiert.

Dabei wurde das getrocknete Probenpulver des Gesamtsediments in Probenträger gepresst. Anschließend erfolgte die Messung an einem Phillips PW 1740 mit einer Cu-Röhre bei 40 kV und 30mA. Dabei wurde das Mineralspektrum im  $2\theta$ -Bereich von  $3^\circ$  bis  $70^\circ$  schrittweise mit  $0,02^\circ$ -Abständen über eine Dauer von etwa 60 min abgetastet. Die Auswertung der Diffraktogramme erfolgte mit dem Computerprogramm MacDiff 4.2.5. (Petschick, 2002).

Zusätzlich zur Methode der Röntgendiffraktometrie wurden Sedimentschliffe und Anschliffe angefertigt, um den Mineralhaushalt und deren Genese in einigen Proben durch Mikroskopie detaillierter zu dokumentieren. Dabei wurde frisches Probenmaterial aus den Kernen mit einem  $63\mu\text{m}$ -Sieb abgetrennt. Nur das gröbere Material wurde anschließend mit destilliertem Wasser gespült, entsalzt und danach bei  $50^\circ$  im Trockenschrank getrocknet, bevor es in Harz eingegossen und zu einem Dünnschliff verarbeitet werden konnte.

### 2.3.6 Rasterelektronenmikroskopie

Einzelne Proben aus den verschiedenen Kernen wurden mit Hilfe der Rasterelektronenmikroskopie (REM; ZEISS DSM 960 A) detaillierter untersucht (zur Funktionsweise siehe u.a. (Reimer & Pfefferkorn, 1977)). Der Einsatz der mit dem REM kombinierten energiedispersiven Röntgenmikroanalyse (EDX; EDAX DX-4) erlaubt weitergehende geochemische Analysen des Mineralbestandes in den vorher mit Kohlenstoff bedampften Proben. Es können punktgenau semiquantitativ die Elementzusammensetzungen ermittelt werden.

Proben aus den mikropaläontologischen Untersuchungen wurden ebenfalls am Rasterelektronenmikroskop bearbeitet. Diese Proben wurden vorher allerdings mit Gold bedampft, um einen besseren optischen Effekt und klare Kontraste zur photographischen Dokumentation der kleinen Gehäuse zu erzielen.

### 2.3.7 Mikropaläontologie

Zur Untersuchung der Faunenzusammensetzung in den einzelnen Sedimentschichten wurden aus dem Kern KL 40 und KL 29 Proben mit einer 10ml Spritze entnommen. Dadurch ist eine konstante Probenmenge für die weitere Analyse gegeben. Die Proben wurden noch im

feuchten Zustand durch Siebung in die Fraktionen 63 $\mu$ m-125 $\mu$ m und <125 $\mu$ m geteilt. Durch Spülung der Proben mit destilliertem Wasser konnten die Proben ausreichend entsalzt werden. Nach der Trocknung bei 50° wurde die Probenmenge über einen Probenteiler reduziert und schließlich in einer Ausleseschale verteilt und ausgezählt.

Es wurden nur benthische Foraminiferen berücksichtigt, da Analysen planktonischer Foraminiferen aus dem Marmarameer bereits publiziert wurden (Cagatay et al., 2000; Aksu et al., 2002). Aufgrund der Veränderungen in der Zusammensetzung des Benthos lassen sich sehr gut Rückschlüsse auf den Sauerstoffgehalt bzw. die Entwicklung der marinen Ingression im tiefen Marmarameer ziehen. Für die Taxonomie der einzelnen Lebewesen wurden verschiedene Arbeiten über benthische Foraminiferen aus dem Mittelmeer, Marmarameer und dem Schwarzen Meer verwendet (Kaiho, 1991; Kaiho, 1994; Fontanier, 2000; Ramadan, 2001; Kaminski et al., 2002). Die verschiedenen Foraminiferen wurden anschließend für das Rasterelektronenmikroskop vorbereitet und schließlich photographisch dokumentiert (s. Tafel 1-4 im Anhang).

### *2.3.8 Korngrößenanalyse*

Korngrößen wurden an einem Laser-Granulometer CIS-100 der Firma Galai durchgeführt. Dabei wurde eine Spatelspitze Sediment aus den Kernen entnommen und in 100ml PET-Flaschen gegeben. Die Flaschen wurden nun mit Leitungswasser gefüllt und mit 1ml einer 1M NH<sub>4</sub>-Lösung als Dispergierungsmittel versetzt und 1min kräftig geschüttelt. Durch die Zugabe der ammoniakalischen Lösung wird ein Koagulieren der Partikel unterbunden. Die Lösung wurde anschließend in ein Becherglas überführt und durch einen Magnet-Rührer in ständiger Bewegung gehalten. Von dieser Lösung wurde dann 1-3ml über eine Pipette in den Messkreislauf des Laser-Granulometers gegeben.

Das Gerät kann über ein Laser-optisches System die Korngrößenverteilung dieser Messlösung analysieren. Es wurde nur mit einer Linse gemessen, die Größen zwischen 0,1–600  $\mu$ m abdeckt. In der Darstellung der Ergebnisse beziehen sich die prozentualen Anteile jeder Fraktion stets auf die Gesamtprobe (Kap. 3.3.3).

### *2.3.9 Statistische Auswerteverfahren*

Mit Hilfe des statistischen Programms SPSS 8.0 bzw. Version 10.1 war es möglich, Beziehungen und Verhaltensweisen und Zusammenhänge einzelner Elemente/Konzentrationen auszuwerten.

Es wurde für jeden Kern eine Korrelationsmatrix erstellt und eine grundlegende Faktoren Analyse durchgeführt, einmal aus den jeweiligen Gesamtwerten und aus den Werten einer sapropelartigen Lage. Als Datenbasis wurden sämtliche geochemischen Messergebnisse verwendet (RFA, ICP, AAS, LECO). Die Faktoren-Analyse ergab dabei 4 Faktoren, ermittelt durch eine Varimax-Faktoren-Rotation. Ein Eigenwert von < 1 wurde dabei als limitierender Wert festgelegt.