

3.6 Berechnung des C_{org} -Flusses

Anhand der im vorangegangenen Kapitel ermittelten Sedimentationsraten, ist es nun möglich den Fluß eines Stoffes oder Elements in das Sediment des Marmarameeres über die Zeit zu berechnen. Die Berechnungen erfolgen nun am Beispiel der C_{org} -Konzentration aller bearbeiteten Kerne. Als Grundlage dient die in Sifeddine et al. (1996) angegebene Gleichung:

$$C_{org}\text{-Flux (g/cm}^2\text{/a)} = C \times D \times S \quad (\text{Sifeddine et al., 1996})$$

C ist die Konzentration von C_{org} in %, D die durchschnittliche Dichte in g/cm^3 und S die Sedimentationsrate in cm/a . Für die Dichte wird ein Mittelwert für sedimentäres Material von $2,65\text{g/cm}^3$ angenommen (Rösler & Lange, 1975). Die Ergebnisse sind in Abb.34 dargestellt.

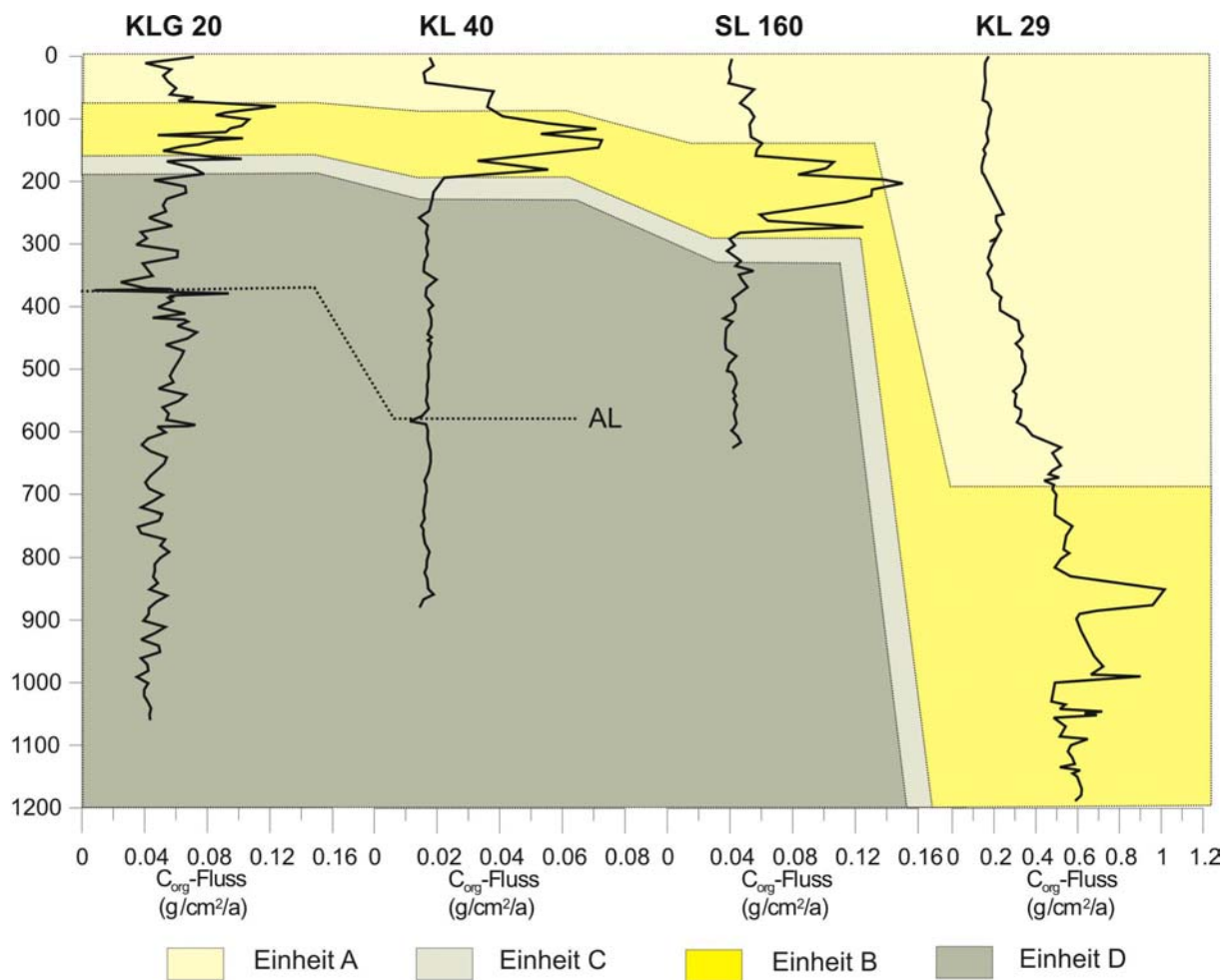


Abb. 34: Berechnete Werte des C_{org} -Flusses in das Sediment in allen Kernen. Vor allem die sapropelartige Lage Einheit B zeichnet sich durch deutlich erhöhte Flussraten aus (AL – Aschenlage).

Die Fluss-Raten schwanken in den tieferen Bereichen der Einheit D zwischen 0,02 und 0,04 g/cm²/a. Erst am Übergang zu Einheit C steigen die Werte auf bis zu 0,08 g/cm²/a (in KLG 20) an. Aus Abb. 34 geht hervor, dass sich vor allem Einheit B (sapropelartige Lage) durch deutlich erhöhte C_{org}-Flussraten in das Sediment kennzeichnet. Die hohen Flussraten sind vor allem auf die erhöhte Bioproduktivität im Oberflächenwasser während der Ablagerung zurückzuführen. Die Werte in Einheit B liegen in Kern KLG 20 und SL 160 bei bis zu 0,14 g/cm²/a, lediglich in Kern KL 40 sind sie mit 0,08 g/cm²/a etwas niedriger. Kern KL 29 zeigt den höchsten Eintrag von C_{org} in das Sediment von bis zu 1,1 g/cm²/a. Dies ist auf die sehr hohen Sedimentationsraten in diesem Kern, der aus dem tiefen Marmara-Becken stammt, zurückzuführen. Turbidite sind für den erhöhten Eintransport von organischem Material und Sediment verantwortlich. In Einheit A fallen die C_{org}-Flussraten wieder auf durchschnittlich 0,04 g/cm²/a ab. In KL 29 liegen die Werte bei 0,2 g/cm²/a.

Vor allem in den Kernen KL 40 und SL 160 sind Maximal-Werte innerhalb der sapropelartigen Lage zu erkennen, die Ähnlichkeiten zu den bereits besprochenen zyklischen Mustern in den Korngrößenverteilungen und in den benthischen Foraminiferen (Kap.3.5.) aufweisen. Der C_{org}-Fluss spiegelt daher hohe Intensitäten in der Bioproduktivität wieder, die durch den Einfluss des Monsuns begünstigt werden. Hohe Niederschlagsraten während dieser Phasen führen zur Zunahme des fluviatilen Eintrags (sedimentäres und organisches Material/Huminstoffe) und dadurch zu einer Intensivierung der Bioproduktion im Oberflächenwasser.

3.7 Statistische Auswertung

Die Berechnung der Korrelationskoeffizienten zwischen den einzelnen Elementen des C_{carb}-, C_{org}-, und des S-Gehaltes ist ein essentielles Verfahren, um die einzelnen Zusammenhänge untereinander zu verdeutlichen (Siehe Anhang Seite 128-131). Zusätzlich wurde eine multivariate Faktorenanalyse mit dem Programm SPSS 8.0 durchgeführt. Mit Hilfe dieser Methode ist es möglich, die Zusammenhänge der Elementkonzentrationen (Variablen) in allen Proben der betrachteten Sedimentkerne zu erkennen. Im Ergebnis können einzelne Elemente zu Gruppen (Faktoren) zusammengefasst werden (Reyment et al., 1996). Die Faktorenladung spiegelt den relativen Anteil des jeweiligen Elements im entsprechenden Faktor wider. Je näher diese Ladung bei 1 ist, desto größer ist der Anteil am jeweiligen Faktor (siehe Anhang S. 132-135).

Die mathematischen Grundlagen der Faktorenanalyse und der Berechnung von Korrelationen werden hier nicht detaillierter dargestellt, es wird daher nur auf einschlägige Literatur dieser Thematik hingewiesen (Ost, 1984; Backhaus et al., 1996; Reyment et al., 1996).

Für die statistische Auswertung wurden die absoluten Elementkonzentrationen aus den unterschiedlichen Kernen in 2 Gruppen unterteilt. Die erste Gruppe beinhaltet alle gemessenen Werte der Haupt- und Spurenelemente, die 2. Gruppe betrachtet nur die Werte aus der sapropelartigen Lage Einheit B. Die Anzahl n der in die statistische Auswertung eingegangenen Werte ist in Tab.5 dargestellt.

Tab.5: Anzahl der für die statistischen Auswertungen verwendeten Werte aller Kerne.

	Kern KLG 20	KL 40	SL 160	KL 29
Gesamtwerte	n = 126	n = 78	n = 66	n = 110
Einheit B	n = 27	n = 13	n = 14	n = 44

In den Korrelationsmatrizen und den Faktorenanalysen werden nur Werte über 0,4 für Beziehungen der Komponenten untereinander betrachtet. Die aus der Faktorenanalyse hervorgehenden Gruppen werden in den nachfolgenden Kapiteln graphisch dargestellt und zusammengefasst:

3.7.1 Gruppe (1) terrigener Faktor:

Al, Ti, Si, K, Rb Zr, Zn: Diese Elemente werden hauptsächlich über den terrigenen Eintrag aus dem Hinterland kontrolliert (äolisch, fluviatil). Dieser Eintrag kann aus Feldspäten, Quarzbruchstücken, Tonmineralen, Schwermineralen etc. bestehen. Vor allem in Kern SL 160 wird diese Gruppe sehr deutlich statistisch nachgewiesen (Abb.35). Die Faktorenladungen der zugehörigen Elemente liegen im Allgemeinen über 0,6.

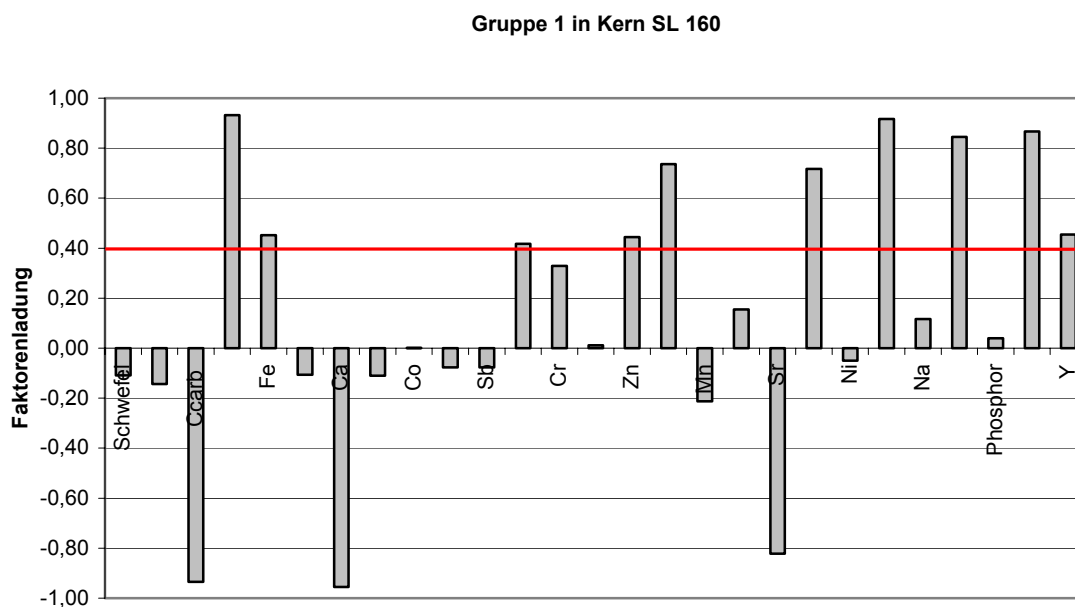


Abb. 35: Die Faktorenladungen des terrestrischen Faktors der Gesamtdaten aus Kern SL 160 ($n = 66$).

3.7.2 Gruppe (2) organischer Faktor:

C_{org} , S, V, Mo, Sb, Cd, und Co stehen im direkten Zusammenhang mit der Anreicherung von organischem Material. Das heißt vor allem in Phasen von erhöhter mariner Bioproduktion werden bevorzugt diese Elemente mit der absinkenden Organik in das Sediment eingelagert. S reagiert erst im Zuge der Diagenese mit diesen Elementen und bekommt daher nachträglich die Zugehörigkeit zu dieser Gruppe. Über die Sulfatreduktion in der Sedimentsäule entsteht S^{2-} , dadurch präzipitieren chalkophile Elemente nach der Zersetzung von organischer Substanz oftmals als Sulfide. In Abb.36 ist diese Gruppe auch aus der statistischen Auswertung der Einheit B von Kern KL 40 dargestellt.

Gruppe 2 in Kern KL 40

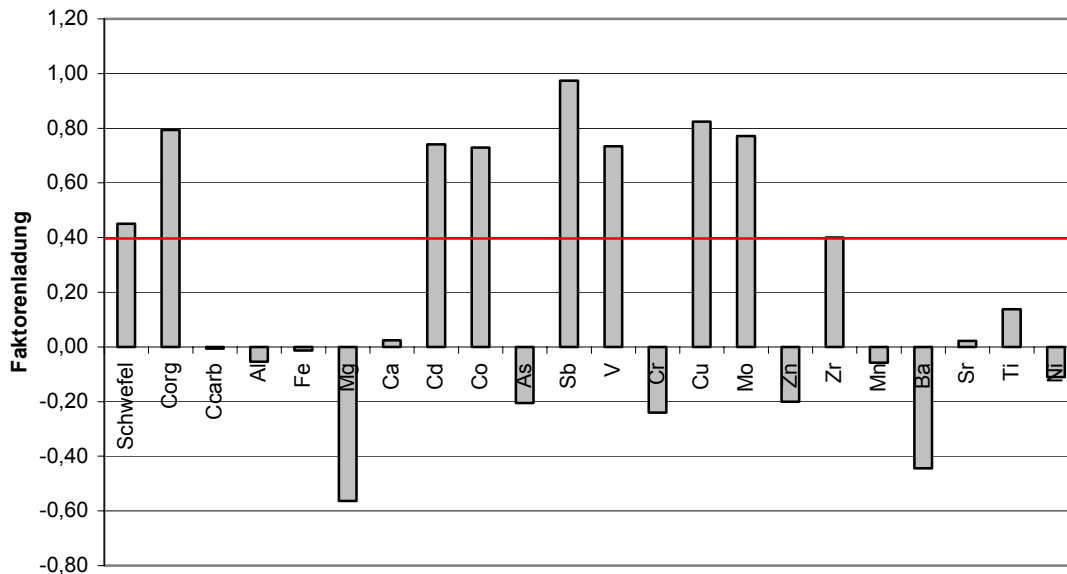


Abb. 36: Die Faktorenladungen der Gruppe 2 (organischer Faktor) aus der sapropelartigen Lage Einheit B in Kern KL 40 ($n = 13$).

3.7.3 Gruppe (3) karbonatischer Faktor:

C_{carb} , Ca, Sr und Mg sind über die Karbonatfraktion miteinander verbunden. Die Faktorenladungen liegen über 0,8, ausgenommen Mg (Abb.37).

Sr kann diadoch Ca im Kalzit- oder Aragonitgitter ersetzen (Matthes, 1993). Somit sind bei der Entstehung von Karbonat-Horizonten, sei es durch erhöhte Ablagerung von kalkigem Plankton oder durch diagenetische Prozesse, diese Elemente meistens angereichert. Mg wird im Zuge diagenetischer Umwandlung von Kalzit zu Dolomit angereichert. Daher ist Mg ebenfalls als ein untergeordneter Teil dieser Gruppe zu sehen. Allerdings ist die Faktorenladung bei Mg grenzwertig (0,4). Mg wird durch den mafischen Faktor kontrolliert (Kap.3.7.4)

3.7.4 Gruppe (4) mafischer Faktor

Ni, Cr und Mg sind gemeinsam dann in den Sedimentproben angereichert, wenn durch klimatische Faktoren (bspw. Phasen von erhöhten Niederschlagsraten) vermehrt erosives Material in den Ablagerungsraum eingetragen wird, das aus Regionen mit vorwiegend basischen und ultrabasischen Gesteinen stammt. Typische Minerale, die diese Anomalie hervorrufen können, sind bspw. Orthopyroxene oder Olivine (Matthes, 1993).

Da diese Minerale sehr leicht verwittern, ist es nicht zwingend, dass diese bspw. in Sedimentschliffen mikroskopisch erkennbar sind. Die Auswertung der Gesamtdaten aus SL 160 sind in Abb.38 ersichtlich.

Gruppe 3 in Kern KLG 20

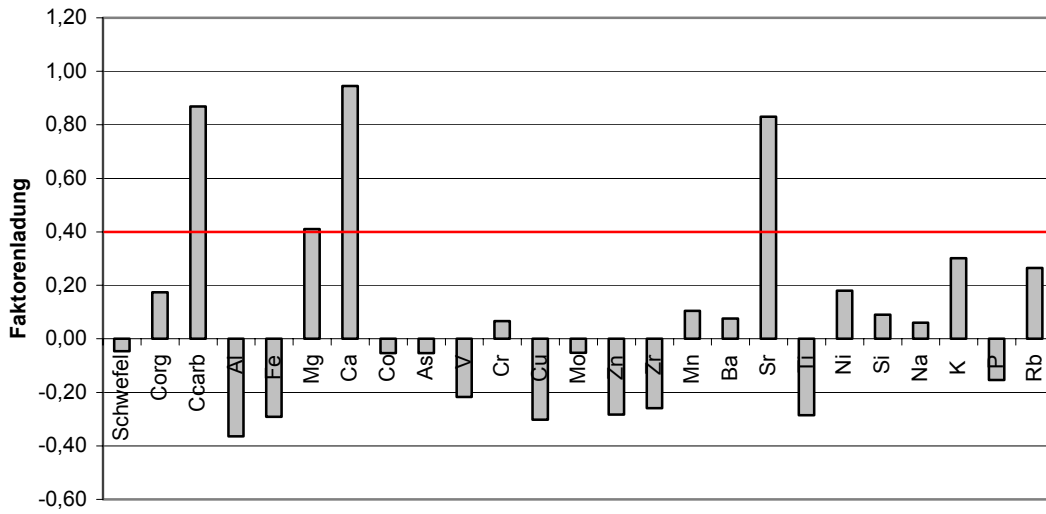


Abb. 37: Die Faktorenladungen der statistisch ausgewerteten Gesamtdaten aus Kern KLG 20, die der Gruppe 3 (karbonatischer Faktor) angehören (n=126).

Gruppe 4 in Kern SL 160

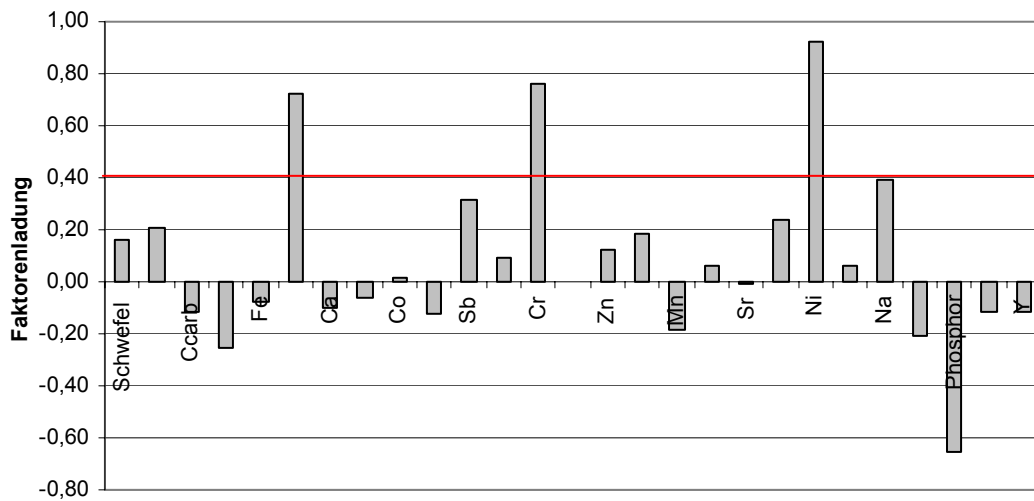


Abb. 38: Die Faktorenladungen der Gesamtdaten aus Kern SL 160, die der Gruppe 4 (mafischer Faktor) zuzuordnen sind (n=66).